Phys. sp.
602
m

# Grundriß

der

# Naturlehre

von

G. H. F. Scholl.

Mit 4 Figurentafeln.

de Phys. sp.
602m
Scholl

# Grundriß der Naturlehre

zum Behufe

des populären Vortrags dieser Wissenschaft

ausgearbeitet

von

G. H. F. Scholl,

Diaconus an der Dreifaltigkeitskirche und Vorsteher der höheren Töchterschule in Ulm.

Mit 4 Figurentafeln.

Ulm, 1839.

Verlag der Wohler'schen Buchhandlung.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

# Vorwort.

Als ich mich vor einigen Jahren in dem Falle befand, an der unter meiner Leitung stehenden höheren Töchterschule den Unterricht in der Naturlehre übernehmen zu müssen, sah ich mich unter der vorhandenen physicalischen Literatur vergebens nach einem Leitfaden um, der mit der für meine Zwecke nöthigen Popularität diejenige Gründlichkeit und wissenschaftliche Präcision verbunden hätte, welche mir auch bei dem Unterrichte von Töchtern als erste, unerläßliche Bedingung eines erfolgreichen Wirkens erscheint. Auch vermißte ich bei den meisten der Schriften, die ich zur Noth hätte brauchen können, die einem Compendium, das eine möglichst bequeme Uebersicht der darin behandelten Wissenschaft geben soll, so sehr zu wünschende Kürze. Ich entschloß mich daher, selbst eine Anzahl Paragraphen für meine Schülerinnen auszuarbeiten und ihnen dieselben in die Feder zu dictiren. An diesen Paragraphen verbesserte ich bei jedem neuen Vortrage der Physik, was mir der Verbesserung zu bedürfen schien,

und so erhielten sie allmählig die Gestalt, in welcher sie hier erscheinen. Sie dem Drucke zu übergeben, bewog mich lediglich der Wunsch, mir das zeitraubende Dictiren zu ersparen. Sie sind daher zunächst nur für meine Schülerinnen bestimmt. Doch glaube ich, daß nach dem hier gegebenen Grundrisse nicht allein in den höheren Classen von Töchterschulen, sondern auch in Schullehrer-Seminarien und Bürgerschulen, überhaupt in Anstalten, wo eine eigentlich gelehrte Behandlung der Physik nicht an ihrem Platze ist, mit Erfolg unterrichtet werden kann, indem ich bei der Ausarbeitung des Schriftchens von der Ansicht ausging, daß ein gebildetes Frauenzimmer im Ganzen dieselben physicalischen Kenntnisse sich anzueignen habe, wie ein gebildeter Mann, der die Naturwissenschaften nur als Dilettant zu treiben im Stande ist, und daß von Seiten des Lehrers nur in der Wahl und Behandlung der Beispiele auf die besonderen Bedürfnisse des weiblichen Geschlechts Rücksicht zu nehmen ist. Dieß zur Rechtfertigung des etwas allgemein gestellten Titels.

Was die Anordnung des Stoffes betrifft, so wird man es wohl nicht unangemessen finden, daß ich die Statik und Mechanik unter die allgemeine Rubrik des ersten Abschnittes gebracht habe, da ja die Hauptagentien, welche in diesen gewöhnlich abgesondert behandelten Theilen der Physik zur Sprache kommen, (Schwere und Trägheit in Verbindung mit Beweglichkeit) jedenfalls zu den allgemeinen Eigenschaften der Körper gehören. Im Uebrigen bin ich so ziemlich der hergebrachten Eintheilung gefolgt.

Die den einzelnen Sätzen häufig angehängten Citationen sind theils für Schüler und Schülerinnen, die in der Lage sind, sich ausführlichere physicalische Werke anschaffen zu können, theils für solche Lehrer bestimmt, welche entweder wegen unzureichender Vorkenntnisse, oder wegen mangelnder Mittel keinen gelehrten Apparat benützen können. Bei der Wahl der citirten Schriften leitete mich vorzugsweise die Rücksicht auf Gemeinfaßlichkeit. Daher habe ich auf das Werk von Fischer, das schon theilweise einem höheren Standpuncte angehört, nur da verwiesen, wo ich die übrigen lückenhaft oder minder deutlich fand. Auf den Leitfaden von Brettner habe ich hauptsächlich deßhalb Rücksicht genommen, weil er im hiesigen Gymnasium eingeführt und daher den meisten meiner Schülerinnen leicht zugänglich ist. Daß übrigens unter den benützten und angeführten Werken demjenigen, der eine größere Ausgabe nicht zu scheuen hat, das von Brandes am meisten zu empfehlen ist, bedarf für den Kundigen keiner Bemerkung.

Die vollständigen Titel der citirten Schriften sind folgende:

Brandes, H. W., Vorlesungen über die Naturlehre zur Belehrung derer, denen es an mathematischen Vorkenntnissen fehlt. Leipz. 1830—32. 3 Bde.

Brettner, H. A., Leitfaden für den Unterricht in der Physik auf Gymnasien, Gewerbeschulen und höheren Bürgerschulen. 5te Aufl. Breslau, 1836.

Fischer, E. G., Lehrbuch der mechanischen Naturlehre. 3te Auflage. Berlin und Leipzig, 1826—27. 2 Bde.

Poppe, J. H. M., neue und ausführliche Volksnaturlehre, sowohl zum Selbst-Unterricht, als zum Gebrauch in Schulen bearbeitet u. s. w. Tübingen, 1825.

Süskind, J. G., Handbuch der Naturlehre, enthaltend das Wissenswürdigste und Gemeinnützigste aus derselben, zum Selbstunterrichte und zum Unterrichte Anderer. Stuttg. 1812.

Das Kries'sche Werk: Vorlesungen über die Naturlehre für Frauenzimmer. 3 Bde. Leipzig, 1832 — 36. kam mir leider erst zu Gesichte, nachdem der Grundriß schon zur Hälfte abgedruckt war, und konnte daher nicht mehr von mir benützt werden.

**Der Verfasser.**

# Einleitung.

§. 1. Begriff der Naturlehre. Die gesammte Naturwissenschaft kann eingetheilt werden in Naturgeschichte und Naturlehre. Während jene die Merkmale aufsucht, durch welche sich die Gegenstände der sichtbaren Welt (Natur) von einander unterscheiden, weist diese die Gesetze nach, nach welchen die Erscheinungen in der Natur erfolgen. Die Naturlehre heißt Naturlehre im weitern Sinne, wenn alle Naturerscheinungen in ihren Bereich gezogen werden, Naturlehre im engeren Sinne oder Physik, wenn sie sich auf die Erscheinungen der leblosen Natur beschränkt. Nur mit der letztern haben wir es hier zu thun.

§. 2. Nutzen der Naturlehre. 1) Sie befriedigt das unabweisliche Bedürfniß des Menschen, sich von Allem, was um ihn her vorgeht, Rechenschaft zu geben. 2) Sie ist ein vorzügliches Bildungsmittel des menschlichen Geistes. 3) Sie zerstört abergläubische, zum Theil in ihren Folgen höchst schädliche Vorstellungen. 4) Sie befördert die Religiosität. 5) Sie leitet zu werthvollen Erfindungen und befördert eine zweckmäßige Benützung der dem Menschen dienstbaren Naturkräfte.

§. 3. Allgemeine Eigenschaften der Körper. Die Physik hat es nach §. 1. mit einem Theil der Natur, und, da die Natur aus Körpern besteht, mit Körpern zu thun. Daher muß zuvörderst von den allgemeinsten Eigenschaften der Körper und von den Hauptarten derselben die Rede sein.

## A. Nothwendige Eigenschaften der Körper.

a. Die Ausdehnung. Jeder Körper nimmt einen Raum ein, hat Länge, Breite und Höhe.

b. Die Undurchdringlichkeit. In einem und demselben Raume können nicht zwei Körper zugleich sein.

c. Die Theilbarkeit. Jeder Körper läßt ein Zerspalten in immer kleinere Theile zu. Diese Theilbarkeit hat keine erkennbare Grenze.

Merkwürdige Beispiele s. m. bei Brandes I, 14 ff.

## B. Erfahrungsmäßige Eigenschaften der Körper.

a. Die Anziehungskraft, vermöge welcher die Körper aa) das Bestreben haben, sich einander zu nähern (Schwere, Schwerkraft); vermöge welcher sie bb) bis zur Berührung einander genähert, besonders wenn die Berührung in vielen Puncten stattfindet, an einander hängen bleiben, oder sich gegenseitig durchdringen (Adhäsion); und vermöge welcher cc) die Theile eines und desselben Körpers eine größere oder geringere Kraft des Zusammenhangs zeigen (Cohäsion).

Zu bb. vgl. die Adhäsionsplatten, die Haarröhrchen, das Hinunterfließen des Wassers am Rande von Gefäßen, das Schreiben, Malen, Waschen u. s. w. Brandes II, 6 ff. Zu cc. Die Cohäsion hängt nicht von der Dichtigkeit der Körper ab. Mittel dieselbe zu verstärken: Hämmern, Pressen, Zwirnen u. dgl. S. Brettner, S. 13. Poppe, S. 45 ff.

b. Das Beharrungsvermögen oder die Trägheit. Der Körper verharrt in dem Zustande, in welchem er sich einmal befindet, so lange er nicht durch äußere Einwirkung in einen andern versetzt wird.

c. Die Porosität. Der Körper erfüllt den Raum, welchen er einnimmt, nicht auf eine an allen Stellen gleiche Weise; es finden sich Zwischenräume in demselben, die nicht mit der Materie desselben angefüllt sind. Sind die Zwischenräume gleichmäßig in dem Körper vertheilt, so schreibt man ihm gleiche, ist dieß nicht der Fall, ungleiche Dichtigkeit zu.

d. Die Ausdehnbarkeit und Preßbarkeit. Jeder Körper kann zu einem größeren Umfang ausgedehnt und in einen engeren Raum zusammengepreßt werden.

Ungeheure Ausdehnbarkeit der Luft, des Wassers u. s. w. Vgl. den Abschnitt über die Wärme.

e. Die Beweglichkeit. Der Körper besitzt die Fähigkeit, von einer Stelle zur andern bewegt werden zu können.

## §. 4. Verschiedene Arten von Körpern.

a. Es gibt Erscheinungen in der Natur, von welchen, wie z. B. vom Lichte, von der Wärme, es noch unentschieden ist, ob sie auf gewisse Kräfte der Körper, an denen sie vorkommen, zurückzuführen, oder als Wirkungen besonderer Stoffe zu betrachten sind. Ist das letztere der Fall, so sind wir genöthigt, uns als das, was jenen Erscheinungen zu Grunde liegt, Stoffe von ausserordentlicher Feinheit zu denken, welche keine (wenigstens keine erkennbare) Schwere haben. Man spricht daher von unwägbaren Stoffen und unterscheidet von denselben die wägbaren Körper, unter welchen selbst wieder der Unterschied stattfindet, daß die einen fest, die andern flüssig sind.

b. Fest nennen wir diejenigen Körper, die eine bestimmte Form haben, und deren Theile nur mit einer gewissen Gewalt von einander getrennt werden können; flüssig dagegen diejenigen, die keine bestimmte Form haben, sondern deren Gestalt sich nach dem Raume richtet, in welchem sie sich befinden, und deren Theile sich leicht trennen lassen.

c. Es gibt feste Körper, welche, wenn sie durch irgend eine äußere Ursache eine Aenderung ihrer Gestalt erlitten haben, sobald diese Ursache zu wirken aufhört, wieder ihre ursprüngliche Gestalt annehmnn, mithin, wenn sie zusammengedrückt worden sind, sich wieder ausdehnen, oder, wenn sie ausgedehnt worden sind, sich wieder zusammenziehen. Solche Körper nennt man elastisch. Feste Körper, welche diese Fähigkeit nicht besitzen, sind entweder zäh oder spröde: jenes,

wenn sie sich, ohne zu zerreißen oder zu zerbrechen, eine veränderte Gestalt geben lassen; dieses, wenn sie eher zerreißen oder zerbrechen, als eine veränderte Gestalt annehmen.

Gummi elasticum, Stahlfedern, Elfenbein. Mittel, die Elasticität zu verstärken. Süskind, S. 23 f. — Blei, feuchter Thon. — Gebrannter Thon, Glas. Die Bologneser Flasche als Beispiel merkwürdiger Sprödigkeit. Brandes, I, 22.

d. Ein fester Körper heißt weich, wenn er andere Körper in seine Oberfläche leicht eindringen läßt; er heißt hart, wenn dieß nicht der Fall ist.

Weichheit und Härte sind in den unter b. angeführten Eigenschaften nicht mitbegriffen. Das Gummi elasticum ist weich und elastisch; das Blei ist weich und zäh; die Birne, der Apfel u. s. w. sind weich und spröde.

e. Die flüssigen Körper besitzen zum Theil in hohem Grade die Eigenschaft, sich zusammendrücken zu lassen und, wenn die zusammendrückende Kraft zu wirken aufhört, wieder einen größern Raum einzunehmen. Körper dieser Art heißen elastisch flüssige oder luftförmige Körper. Andere flüssige Körper besitzen jene Eigenschaft in einem nur geringen Grade und nehmen, wenn sie ihre Gestalt frei wählen können, die Form von Tropfen an. Diese werden tropfbar flüssige Körper genannt.

Luft, Dampf. Vgl. unten den dritten Abschnitt. Brettner, S. 11. — Wasser, Wein, Spiritus, Oel.

# Erster Abschnitt.

## Von denjenigen Erscheinungen, welche auf allgemeinen Eigenschaften der Körper beruhen.

### A. Vom Gesetze der Anziehung und von einigen Wirkungen derselben.

§. 5. Die **Anziehungskraft** ist eine völlig allgemeine Kraft, welche nicht blos den einzelnen Theilen der Erde, sondern auch jedem Weltkörper als Ganzem inwohnt.

Das Gesetz der Anziehung ist dieses: Ein Körper zieht um so stärker an, je größer seine Masse (sein Gewicht) und je näher er dem angezogenen Körper ist.

Ist die Masse eines Körpers = 1, die eines andern = 2, so wird jener von diesem doppelt so stark angezogen, als dieser von jenem. — Ist ein angezogener Körper von dem anziehenden doppelt so weit entfernt, als ein anderer von gleicher Masse, so wird er 4mal schwächer angezogen; ist er 3mal so weit entfernt, 9mal schwächer, und so fort nach den Quadraten der Entfernungen. Beispiel der Sonne und der Planeten, der Erde und des Mondes. **Brettner** S. 19.

§. 6. a. Die Mathematik beweist, daß die **Kugelgestalt** da sich bilden muß, wo die Theile eines Körpers gleichmäßig sich anziehen. Daher nehmen Flüssigkeiten, welche ihre Gestalt frei wählen können, immer die Kugelform an.

Der Wassertropfen, die Weltkörper. Vgl. **Brandes** I, 130.

b. **Der kleinere Himmelskörper bewegt sich um den größern**, weil er von diesem angezogen wird. Würde er nicht angezogen, so müßte er, einmal in Bewegung gesetzt, in gerader Linie in's Unendliche hinauslaufen.

c. Die **Ebbe und Fluth** entsteht durch die Anziehungskraft des Mondes. Das Wasser hebt sich je auf der Seite

der Erde, welcher der Mond gerade gegenüber steht; es hebt sich aber auch auf der entgegengesetzten Seite, weil es hier, als am weitesten von dem anziehenden Körper entfernt, gegen die übrigen Theile der Erde, welche demselben näher liegen, zurückbleibt.

d. Das Senkblei fällt in der Nähe eines großen Felsen nicht ganz senkrecht gegen den Boden, sondern weicht gegen den Felsen hin ab; der Fels zieht es also an.

e. Gewisse Körper der Erde zeigen eine besondere Neigung, einander anzuziehen, (Wahlverwandtschaft). So werden namentlich Flüssigkeiten von festen Körpern oft stärker angezogen, als die Flüssigkeitstheile selbst einander anziehen. Hierauf beruhen die Wirkungen der Haarröhrchen, in welchen gewisse Flüssigkeiten emporsteigen, wenn man sie mit ihrem untern Ende in dieselben taucht. Je kleiner nämlich in solchen engen Röhren die Oberfläche der Flüssigkeit ist, desto stärker kann die von den Röhrenwänden ausgehende Anziehung auf dieselbe wirken. Daher steigt die Flüssigkeit, während sie sich in weiten Gefäßen nur an den anziehenden Wänden etwas hebt, in den Haarröhrchen mit ihrer ganzen Oberfläche in die Höhe; und da nun nach der ersten Hebung die Anziehungskraft der Röhre wieder mit der gleichen Stärke, wie zuvor, auf die kleine Oberfläche der Flüssigkeit wirkt, und ebenso nach der zweiten, dritten u. s. w., so dauert das Steigen so lange fort, bis die Schwere der emporgestiegenen Flüssigkeit der Anziehungskraft der Röhre das Gleichgewicht hält.

Der Streusand, der Docht am Licht, das Fließpapier, poröse Steine. Brandes II, 14. Poppe, S. 57.

Scheinbare Ausnahmen von dem allgemeinen Gesetze der Anziehung. Poppe, S. 52.

---

## B. Von der Bewegung im Allgemeinen.

§. 7. Den Raum, welchen ein Körper einnimmt, nennt man seinen Ort. Beharrt er in demselben, so sagt man, er ruhe; verändert er ihn, so schreibt man ihm Bewegung zu. Man unterscheidet wahre und scheinbare Bewegung.

Sonne und Erde. Der auf einem Schiffe Befindliche und die Gegenstände am Ufer. Vgl. Poppe S. 73 ff. Brandes I, S. 26 f.

§. 8. Der Raum, den ein in Bewegung befindlicher Körper durchläuft, wird sein Weg genannt. Die Bewegung heißt gleichförmig, wenn er in gleichen Zeiten gleiche Wege zurücklegt; beschleunigt, wenn er in jeder folgenden Secunde einen größern Weg durchläuft, als in der vorhergehenden; verzögert, wenn seine Geschwindigkeit von Secunde zu Secunde abnimmt.

Die Uhr, die Planeten. — Die fallenden Körper. — Die Kanonenkugel, die Kegelkugel, der in die Höhe geworfene Ball.

§. 9. Man kennt die Geschwindigkeit eines sich gleichförmig bewegenden Körpers, wenn man weiß, welchen Weg er in einer bestimmten Zeit zurücklegt. Die verhältnißmäßige Geschwindigkeit zweier oder mehrerer Körper wird gefunden, wenn man die Wege, die sie in einer bestimmten Zeit durchlaufen, mit dieser dividirt.

Merkwürdige Geschwindigkeiten s. m. bei Poppe S. 77 ff.

§. 10. Keine Bewegung kann stattfinden ohne eine bewegende Kraft. Die Wirkung der bewegenden Kraft hängt ab nicht nur von ihrer eigenen Stärke, sondern auch von der Masse des zu bewegenden Körpers, von der Reibung, die dieser erleidet, und von dem Widerstand des Mittels, in welchem er sich bewegt. Die Stärke der bewegenden Kraft wird gefunden, wenn man die Masse des bewegten Körpers mit seiner Geschwindigkeit multiplicirt.

Bewegende Kräfte: Anziehung, Wärme, Druck, Stoß, Willenskraft beseelter Wesen in Verbindung mit Muskelkraft. — Ueber Reibung und Widerstand des Mittels vgl. Brandes I, S. 47 ff. Brettner, S. 30 f.

§. 11. Die Wirkungen eines in Bewegung befindlichen Körpers sind um so stärker, je größer seine Masse und seine Geschwindigkeit ist. Die Größe der Wirkung wird auf dieselbe Weise gefunden, wie die Stärke der bewegenden Kraft.

Ist die Masse eines Körpers = 1 und seine Geschwindigkeit = 1, die Masse eines andern = 3 und seine Geschwindigkeit ebenfalls = 3, so verhält sich die Wirkung von jenem zu der Wirkung von diesem wie 1 : 9; denn 1 . 1 = 1, und 3 . 3 = 9. — Beispiele s. m. bei Poppe, S. 79.

§. 12. Wirkt die bewegende Kraft unmittelbar nur auf einen Theil des zu bewegenden Körpers, so muß sich die Bewegung den übrigen Theilen desselben erst mittheilen, bevor der ganze Körper sich bewegen kann; und zu dieser Mittheilung ist eine gewisse Zeit erforderlich. Ist die Wirkung der bewegenden Kraft zu rasch, so hat sie keine Zeit sich mitzutheilen und trifft nur den Punkt, auf welchen sie unmittelbar gerichtet ist.

Die geworfene und die geschossene Kugel, das Kartenblatt und das Geldstück, der auf zwei Menschenhaaren zerschlagene Stab. Jessops Methode Felsen zu sprengen.

Ob für gewisse Zwecke eine rascher oder eine langsamer wirkende Kraft angewendet werden soll, hängt lediglich von den Umständen ab. S. Brandes I, S. 33 f.

§. 13. In Beziehung auf das gleichzeitige Wirken mehrerer bewegender Kräfte gelten folgende Gesetze:

a. Wirken zwei bewegende Kräfte mit gleicher Stärke, aber in entgegengesetzter Richtung auf einen Körper, so ruht er.

b. Wirken sie in entgegengesetzter Richtung mit ungleicher Stärke, so bewegt sich der Körper in der Richtung der stärker wirkenden Kraft mit einer Geschwindigkeit, welche dem Ueberschuß der größeren Kraft über die kleinere gleich ist.

c. Wirken sie in gleicher Richtung, so ist es, als ob eine Kraft mit der Stärke der beiden wirkte.

d. Wirken sie zwar nicht in entgegengesetzter, aber doch in ungleicher Richtung, so bewegt sich der Körper weder in der Richtung der einen, noch in der der andern Kraft, sondern geht zwischen beiden Richtungen hindurch und läuft in der Diagonale eines Parallelogramms, dessen Gestalt sich nach dem Verhältniß der beiden wirkenden Kräfte zu einander richtet.

Die Stärke der in der Richtung ba auf den Körper a wirkenden Kraft b Fig. 1. sei = 1, die der Kraft c = 2, so bewegt sich der Körper in der Diagonale ae des Parallelogramms adef, in welchem ad = 2 . af. — Die Stärke der Kraft h Fig. 2. sei = 1, die der Kraft i ebenfalls = 1, so muß sich der Körper g in der Diagonale des Parallelogramms gklm bewegen, in welchem gk = gm und kl = ml.

§. 14. Der einmal in Bewegung befindliche Körper bewegt sich, auch wenn die bewegende Kraft zu wirken aufgehört hat, in derselben Richtung und mit derselben Geschwindigkeit fort, so lange nicht hemmend auf ihn eingewirkt wird. Vgl. §. 3. B, b. Ja, eine fortwährend wirkende Kraft bringt eine beschleunigte Bewegung hervor. Vgl. den folgenden Abschnitt.

Das plötzlich stillstehende Fahrzeug; die Befestigung einer Axt am Stiele, indem man den letztern auf den Boden stößt. Brandes I, S. 30 f.

---

## C. Von der Fallbewegung.

§. 15. Vom freien Falle.

Jeder Körper fällt, wenn er nicht unterstützt ist, gegen die Erde, und zwar in einer senkrechten Linie, oder, was das Nämliche ist, gegen den Mittelpunct der Erde. (S. Fig. 3.) Daher die Schwere der Körper, ein Druck, welcher dadurch entsteht, daß der Körper gegen die Erde zu fallen strebt.

Gesetze des freien Falls.

a. Wenn ein Körper, wie bei uns, in der ersten Secunde 15′ fällt, so fällt er in der zweiten 3 . 15′, in der dritten 5 . 15′, in der vierten 7 . 15′, in der fünften 9 . 15′, und so fort nach den ungeraden Zahlen. Mithin, wenn man sich 15′ als ein (aus 15 gleichen Theilen bestehendes) Ganzes denkt, das man mit 1 bezeichnet, in 1 Sec. 1, in 2 Sec. 2 . 2 = 4, in 3 Sec. 3 . 3 = 9, in 4 Sec. 4 . 4 = 16, in 5 Sec. 5 . 5 = 25 u. s. w.

Verschiedene Geschwindigkeit des Falls an verschiedenen Puncten der Erde.

b. Die Geschwindigkeit, welche der fallende Körper am Ende jeder Secunde erreicht hat (Endgeschwindigkeit), beträgt 1 (.15′) mehr, als der Fallraum dieser Sec., und 1 (.15′) weniger, als der Fallraum der folgenden Sec.; mithin bei der ersten Sec. 2, bei der zweiten 4, bei der dritten 6, bei der vierten 8, u. s. f. immer das Doppelte von der Zahl der Secunde.

c. Das beschleunigte Fallen ist eine Folge von dem ununterbrochenen Wirken der Schwerkraft; wird daher diese außer Wirkung gesetzt, so daß der einmal im Falle begriffene Körper nur noch aus Trägheit (vgl. §. 3. B, b.) fällt, so hört die Beschleunigung auf, und der Körper legt in jeder folgenden Secunde den gleichen Weg zurück, und zwar fällt er, wenn die Schwerkraft am Ende der ersten Sec. zu wirken aufhört, fort mit der Endgeschwindigkeit dieser Sec., ebenso wenn sie am Ende der zweiten zu wirken aufhört, mit der Endgeschwindigkeit der zweiten u. s. f.

Streng genommen gelten diese Gesetze nur vom Fall im luftleeren Raume, in welchem alle Körper gleich schnell fallen, also z. B. die Flaumfeder so schnell, als die Bleikugel. — Attwoodsche Fallmaschine. Brandes I, 72 ff. —

## §. 16. Vom Falle auf einer schiefen Ebene.

Unter einer schiefen Ebene versteht man eine ebene Fläche, welche mit jeder beliebigen Linie, die man sich durch einen Punct derselben senkrecht gegen den Mittelpunct der Erde gezogen denkt (vgl. §. 15.), schiefe Winkel bildet. Zieht man durch diese senkrechte Linie in ihrer Verlängerung nach unten eine wagrechte, welche zugleich in irgend einem Puncte die schiefe Ebene trifft, so erhält man ein rechtwinkliges Dreieck, dessen dem rechten Winkel gegenüberliegende Seite die Länge der schiefen Ebene darstellt, während die senkrechte Seite desselben ihre Höhe bezeichnet.

Ein auf einer schiefen Ebene AB (Fig. 4.) liegender Körper D gleitet oder rollt, wenn die Reibung nicht zu stark ist, auf derselben herab.

Warum rollt die Kugel, statt zu gleiten?

Gesetze.

a. Denkt man sich alle Reibung hinweg, so verhält sich die Kraft, mit welcher ein Körper auf der schiefen Ebene fällt, zur Kraft des freien, senkrechten Falls (Schwere des Körpers), wie die Höhe der schiefen Ebene AC zu ihrer Länge AB.

Je mehr sich daher die schiefe Ebene einer wagrechten nähert, desto schwächer die Kraft des Falls, desto langsamer die Bewegung.

b. Die Bewegnng des schief fallenden Körpers ist, wie die des senkrecht fallenden, eine gleichförmig beschleunigte; ihre Beschleunigung aber verhält sich zu der beim senkrechten Fall stattfindenden ebenfalls wie AC : AB.

c. Ein in der schiefen Linie AB fallender Körper hat an jedem beliebigen Puncte derselben diejenige Geschwindigkeit, welche er, in der senkrechten Linie AC fallend, an dem entsprechenden Puncte dieser Linie gehabt haben würde.

Verhält sich AB : AC wie 2 : 1, so hat der fallende Körper, wenn er auf AB 2′ zurückgelegt hat, dieselbe Geschwindigkeit, wie wenn er auf AC 1′ zurückgelegt hätte. Hat er die Hälfte von AB durchlaufen, so ist es, als ob er die Hälfte von AC durchlaufen hätte. — Anwendung der Gesetze a. und b. §. 15. auf diesen Fall.

Man bedient sich der schiefen Ebene, um sowohl beim Emporheben der Lasten, als beim Herablassen derselben aus der Höhe Kraft zu ersparen. Brettner, S. 73.

---

## D. Vom Pendel.

§. 17. Ein schwerer, gewöhnlich linsenförmiger Körper, der an einem Faden oder an einer dünnen Stange so aufgehängt ist, daß er sich um den Aufhängepunct bewegen kann, wird ein Pendel genannt.

Gesetze des Pendels.

a. Bringt man ein Pendel AB (Fig. 5.) nach irgend einer Seite hin aus der senkrechten Lage, z. B. in die Lage der Linie AC, so muß es vermöge seiner Schwere mit zunehmender Geschwindigkeit nach B fallen und sodann nach dem

Gesetz der Trägheit mit abnehmender Geschwindigkeit bis zu D emporsteigen. Hier angelangt fängt es wieder zu fallen an und beschreibt nun denselben Bogen rückwärts von D nach C, den es zuvor von C nach D beschrieben hatte. So würde es ohne Ende sich fortbewegen, wenn die Reibung im Aufhängepunct und der Widerstand der Luft nicht wäre.

b. Pendel von gleicher Länge machen in gleichen Zeiten eine gleiche Anzahl von Schwingungen. Selbst in dem Falle sind die Schwingungszeiten fast ganz gleich, wenn man das eine Pendel einen größern Bogen beschreiben läßt, als das andere. S. Brandes I, 108.

c. Das Verhältniß der Schwingungen und Schwingungszeiten bei Pendeln von ungleicher Länge richtet sich genau nach den Gesetzen des Falls. (§. 15.) Ist daher AD (Fig. 6.) 4mal länger als AB, und braucht B, um nach C zu fallen, 1 Secunde, so braucht D, um nach E zu fallen, 2 Secunden; wäre AD 9mal länger, so brauchte es 3 Sec., wäre es 16mal länger, 4 Sec. u. s. f. um den Bogen DE zu durchlaufen.

Die Gesetze b. c. gelten zunächst nur von dem sogenannten mathematischen Pendel, bei welchem man sich den Aufhängefaden als eine gewichtlose Linie denkt. Die Schwingungen des physischen Pendels entsprechen aber um so mehr diesen Gesetzen, je geringer das Gewicht des Aufhängefadens ist.

Das Secundenpendel. Brandes I, 104 ff. Das Pendel an der Uhr. Brandes I, 113 f.

d. Ein und dasselbe Pendel fällt (wie jeder fallende Körper) um so schneller, je näher es dem Mittelpunct der Erde ist. Daher sind die Pendelschwingungen in der Nähe des Aequators langsamer als in der Nähe der Pole, weil die Erde an den Polen abgeplattet ist. (S. Fig. 7. Die Linie ab ist kürzer, als die Linie cb.)

Langsamere Schwingungen auf hohen Bergen. Fischer I, 117.

## E. Von der Wurfbewegung.

§. 18. Die Bewegung eines geworfenen Körpers ist hauptsächlich durch Dreierlei bedingt: durch die Stärke der Wurfkraft, durch die Richtung, in welcher dieselbe wirkt, und durch den beständigen Einfluß der Schwerkraft.

Gesetze der Wurfbewegung.

**a.** Wird ein Körper senkrecht in die Höhe geworfen, so verliert er durch die Schwerkraft in jedem beliebigen Zeittheile so viel von seiner Geschwindigkeit, als er frei fallend in demselben Zeittheile gewonnen haben würde, und fällt, nachdem seine Geschwindigkeit $= 0$ geworden, in derselben Zeit wieder herab, in welcher er emporgestiegen war.

Würde der Körper mit einer solchen Kraft von einer Höhe senkrecht herabgeworfen, daß er, wenn die Wurfkraft allein wirkte, in der ersten Secunde 150′ fiele, so müßte er (nach §. 15. a.) vermöge des Einflusses der Schwerkraft in dieser Secunde $150' + 15' = 165'$ fallen, in der zweiten Secunde $150' + 3 . 15' = 195'$ u. s. w.; wird er dagegen mit derselben Kraft senkrecht in die Höhe geworfen, so steigt er, ebenfalls durch den Einfluß der Schwere, in der ersten Secunde nur $150' - 15' = 135'$, in der zweiten Secunde nur $150' - 3 . 15' = 105'$. Die Wurfkraft überwiegt mithin die Schwerkraft in der ersten Secunde um 135, in der zweiten um 105 u. s. f., und es läßt sich nun leicht berechnen, daß sie in der fünften Sec. noch ein Uebergewicht von 15 haben, in der sechsten dagegen, ebenfalls um 15, von der Schwerkraft überwogen werden wird. (150 — 11 . 15 gibt ein Weniger von 15.) Hieraus folgt, daß der Körper in der sechsten Sec. 15′ herabfallen, also mit dem Anfang dieser Sec. zu fallen beginnen muß. Hat er nun, was die Berechnung ergibt, emporsteigend in 5 Sec. 375′ zurückgelegt, so wird er nach den Gesetzen des Falls denselben Raum in derselben Zeit auch herabfallend zurücklegen.

Uebrigens wird sowohl das Emporsteigen als das Herabfallen bedeutend verzögert und für das Erstere ein früheres Aufhören herbeigeführt durch den Widerstand der Luft. Vgl. Brandes, I, 195 ff.

**b.** Ein schief oder wagrecht geworfener Körper wird durch die Wirkung der Schwere in jeder Secunde seiner Bewegung um so viel, als der Fallraum dieser Sec. beträgt,

von seiner ursprünglichen Richtung AB (Fig. 8.) ab und gegen die Erde gezogen, also in der ersten Sec. um 15′, in der zweiten um 45′, in der dritten um 75′ u. s. w. Sein Weg muß demnach eine krumme Linie AcdeG sein. (CDEF sind die Puncte, bis zu welchen der Körper, wenn er seiner ursprünglichen Richtung nach dem Gesetz der Trägheit folgte, in jeder Sec. gelangen würde. Die senkrechten Linien Cc [= 15′], Dd [= 15′ + 45′], Ee [= 15′ + 45′ + 75′], Ff [= 15′ + 45′ + 75′ + 105′] bezeichnen die Fallräume von 1, 2, 3, 4 Sec.)

Aus dem hier Gesagten ergibt sich, daß ein wagrecht geworfener Körper in derselben Zeit auf den Boden gelangen muß, in welcher er ihn erreichen würde, wenn er aus der gleichen Höhe senkrecht herabfiele.

---

## F. Vom Umschwunge.

§. 19. a. Wenn zwei Kräfte in verschiedener, aber nicht entgegengesetzter Richtung auf einen Körper wirken, so daß ihn die eine nach einem bestimmten Puncte hinzuziehen, die andere von demselben zu entfernen strebt, so entsteht diejenige Bewegung, welche wir Umschwung nennen. In der Natur sind es hauptsächlich die Kraft der Anziehung (hier Centripetalkraft genannt) und die der Trägheit (hier Centrifugalkraft oder Fliehkraft genannt), welche den Umschwung hervorbringen. Vermöge der Anziehung würde der Körper von kleinerer Masse in gerader Linie nach dem Körper von größerer Masse fallen und sich mit demselben vereinigen. Wirkt nun aber die Trägheit in anderer Richtung als die Anziehung, so muß sich der kleinere Körper um den größern bewegen, statt auf ihn zu fallen.

Nehmen wir an, der kleinere Körper E (Fig. 9.) habe sich von a nach E bewegt und werde nun von dem größern Körper S angezogen, so müßte er nach S fallen, wenn die Trägheit nicht wäre. Allein diese treibt ihn in seiner ur-

sprünglichen Richtung fort, also nach b. Würde er nun in dem nächsten Zeittheile vermöge der Anziehung nach c fallen, vermöge der Trägheit aber nach d sich bewegen, so muß er früher Gesagtem zufolge (vgl. §. 13. d.) die Diagonale des Parallelogramms Eced durchlaufen. In e angekommen, würde er, wenn die Kraft der Trägheit allein wirkte, die Richtung eg verfolgen, da er aber zugleich von dem anziehen- Körper S nach f gezogen wird, so schlägt er den Weg eh ein, geht dann aus denselben Gründen von h nach l u. s. w.

Da die Anziehungskraft sowohl als die Kraft der Trägheit nicht (wie hier angenommen ist) stoßweise, sondern stetig wirkt, so muß die wirkliche Bahn des Körpers eine aus den unendlich kleinen Diagonalen unendlich kleiner Parallelogramme zusammengesetzte krumme Linie Eacl (Fig. 10.) sein, wobei zu bemerken ist, daß die Richtung der Trägheit in jedem Puncte dieser Linie keine andere sein kann, als die der Tangente (Berührungslinie des Punctes), also in a die Richtung ab, in c die Richtung cd u. s. f.

Die an einem Faden geschwungene Kugel fliegt, wenn der Faden reißt, in der Tangente des Punctes fort, in welchem sich die Kugel im Augenblick des Reißens befand. — Die Planetenbahnen. —

b. Nach früheren Sätzen (§. 5. und §. 15.) muß die Bewegung eines im Umschwung befindlichen Körpers bei gleicher Masse um so rascher sein, je näher er dem Körper ist, um welchen er sich bewegt; und zwar nimmt die Geschwindigkeit der Bewegung in demselben Maße zu, in welchem die Quadrate der Entfernung abnehmen.

Die Planeten bewegen sich schneller in der Sonnennähe, als in der Sonnenferne.

c. Je schneller die Bewegung ist, desto größer ist die Gewalt der Trägheit und somit das Bestreben, sich von dem Mittelpunct, um welchen der Körper kreist, zu entfernen. Doppelte Geschwindigkeit hat doppelte Fliehkraft zur Folge.

Die Schwungmaschine. — Abplattung der Erde. — Ring des Saturn. — Meteorsteine. Brandes I, 81.

## G. Vom Hebel.

§. 20. Jede unbiegsame, in einem Puncte unterstützte Stange, welche zwei in andern Puncten angebrachte Kräfte (Kraft und Last) nach entgegengesetzten Richtungen zu bewegen streben, wird ein Hebel genannt.

Man unterscheidet zweiarmige und einarmige Hebel. Bei den nachfolgenden Gesetzen denkt man sich die Stange an beiden als eine Linie ohne Schwere.

§. 21. Der zweiarmige Hebel ist entweder gleicharmig oder ungleicharmig.

a. Bei dem gleicharmigen Hebel (Fig. 11.) findet Gleichgewicht statt, wenn Kraft (b) und Last (c) einander gleich sind. Die Last kann hier also nur durch eine Kraft, die größer ist, als sie, gehoben werden.

Die gewöhnliche Wage. Poppe, S. 109 f.

b. Je länger an einem ungleicharmigen Hebel der eine Arm in Vergleich mit dem andern ist, einer desto größeren Last hält die an jenem angebrachte Kraft das Gleichgewicht. ab (Fig. 12.) sei dreimal länger als ac, so kann die bei b befindliche Kraft einer dreimal größern Last in c das Gleichgewicht halten. Der Grund hievon liegt darin, daß b in derselben Zeit einen dreimal größeren Weg durchläuft, als c, mithin eine dreimal größere Geschwindigkeit hat (Vgl. §. 11.); woraus sich das weitere (auch für den einarmigen Hebel geltende) Gesetz ergibt, daß

c. die Geschwindigkeit, mit welcher die Last sich bewegt, in demselben Maße abnimmt, in welchem durch Verlängerung des Arms der Kraft diese gesteigert wird, daß also immer, was an Kraft gewonnen wird, an Zeit verloren geht.

Die Schnellwage, das Brecheisen, die Beißzange, die Scheere. Poppe, S. 112 ff.

§. 22. Bei dem einarmigen Hebel ist die Kraft ent-

weder weiter von dem Unterstützungspunct entfernt, als die Last, oder umgekehrt.

a. Im erstern Falle gilt hier das nämliche Gesetz, wie beim ungleicharmigen Hebel. Ist (Fig. 13.) ab = 1 und ac = 6, so hält 1 Pfund in c 6 Pfunden in b das Gleichgewicht.

Schubkarren, zweirädrige Wagen, Wagenräder, das Rad an der Welle (Brandes, I, 57 f.), die in Angeln sich bewegende Thür, das mittelst eines am Mastbaum befestigten Seils fortgezogene Schiff, die von zwei Trägern ungleich entfernte Last. Poppe, S. 117 ff. Brettner, S. 37.

b. Wirkt die Kraft näher beim Unterstützungspunct, als die Last, so muß das Gesetz umgekehrt werden. Bei dieser Art von Hebel findet also keine Krafterspamiß statt; dagegen kann ich hier mit einer geringen Last um so größere Wirkungen hervorbringen, je länger der Hebel ist.

Der menschliche Arm, die wagrecht gehaltene Stange, die Hämmer in Hammerwerken. Brandes I, 53 f. Poppe, S. 118 f.

---

## II. Von der Rolle.

§. 23. Eine um ihren Mittelpunct bewegliche Scheibe, über deren gekerbten Rand ein Seil oder eine Schnur gelegt ist, mittelst welcher Lasten gehoben werden sollen, wird eine Rolle genannt.

a. Eine Rolle, welche sich, ohne ihren Ort zu ändern, blos um ihren Mittelpunct bewegt, heißt eine feste Rolle. (S. Fig. 14). Bei ihr findet Gleichgewicht statt, wenn Kraft (a) und Last (b) einander gleich sind. Sie dient dazu, eine Last mit größerer Bequemlichkeit in einer gewissen Richtung (namentlich nach oben) fortzuschaffen; an Kraft wird durch sie nichts erspart.

b. Anders verhält es sich mit der losen Rolle (Fig. 15. A). Während hier die Kraft (a) zwei Fuß zurücklegt,

legt die Last (b) nur einen einzigen Fuß zurück, weil die Schnur, um sich bei c um 2′ zu verlängern, sowohl bei d als bei e, aber an beiden Stellen nur um 1′ sich verkürzen muß. a hat also die doppelte Geschwindigkeit von b und hält daher, wenn es = 1 Pfund ist, 2 Pfunden in b das Gleichgewicht.

c. Eine Verbindung von mehreren, theils festen, theils losen Rollen heißt ein Flaschenzug. Fig. 16. stellt einen Flaschenzug der gewöhnlichen Art dar. Bis hier die losen Rollen (A) zusammen um 1′ in die Höhe gehen, sinkt die Kraft (a) um 6′, und kann daher einer 6mal größeren Last in b das Gleichgewicht halten.

d. Noch stärker sind die Wirkungen des Potenzenflaschenzugs (Fig. 17). Damit hier die Rolle c mit der Last b um 1′ steigt, muß die Rolle d um 2′ steigen, damit d um 2′ steigt, muß e um 4′ sich erheben, damit e um 4′ steigt, muß f um 8′ in die Höhe gehen, und damit f um 8′ steigt, muß die Kraft a um 16′ sinken. Daher hält hier 1 Pfund in a 16 Pfunden in b das Gleichgewicht.

---

## I. Vom Schwerpuncte.

**§. 24. a.** Wie am Hebel, so findet sich in jedem Körper ein Punct, in welchem die Schwere aller seiner Theile gleichsam vereinigt ist. Zieht man durch diesen Punct, den man den Schwerpunct nennt, eine senkrechte Linie nach der Erde, so hat man die Richtung, in welcher der Körper zu fallen strebt. Man braucht daher den Körper nur entweder in diesem Puncte selbst oder senkrecht unter oder senkrecht über demselben zu unterstützen, um sein Fallen zu verhindern.

Wie unterstützt man einen Körper senkrecht über dem Schwerpuncte?

b. Jeder Körper steht so lange fest, als die durch seinen Schwerpunct gezogene senkrechte Linie noch auf einen Punct

der Unterstützung trifft. Je größer daher die Unterstützungsfläche ist und je näher bei derselben der Schwerpunct liegt, desto fester steht der Körper.

Ist die Unterstützungsfläche sehr klein, so rückt bei der geringsten Veränderung der Lage des Körpers die Falllinie über die Grenzen derselben hinaus, und der Körper muß fallen. Das Nämliche ist der Fall, wenn der Schwerpunct weit oben im Körper liegt. (S. Fig. 18.)

Der auf einem Fuße stehende Mensch, der Tisch mit einem Fuße, die auf den Hals gestellte Flasche. — Die schiefen Thürme zu Pisa und Bologna, der hoch geladene Wagen, das Aufstehen in einem Wagen, der umfallen will. — Herstellung der Unterstützung bei Körpern, welche dieselbe verloren haben und zu fallen im Begriffe sind. Das Gehen, der Seiltänzer, der Jongleur. Süskind, S. 80 ff. Brandes I, 63 ff. Poppe, S. 127 ff.

c. Während der Schwerpunct bei Körpern von regelmäßiger Form und überall gleicher Dichtigkeit (vgl. §. 3. B, c.) in der Mitte liegt, so liegt er dagegen in Körpern von ungleicher Dichtigkeit immer dem dichteren Theile näher oder in demselben.

Die Hollundermännchen, die falschen Würfel, die in die Höhe rollende Walze.

Es giebt auch Körper, deren Schwerpunct nicht in ihnen selbst liegt. Ringe, Triangel, Eimer.

d. Bei Körpern, deren Gestalt veränderlich ist, ist auch die Lage des Schwerpuncts veränderlich.

Der stehende und der sitzende Mensch. Der Mensch, welcher eine Last auf dem Kopfe, oder in den Händen, oder auf dem Rücken trägt.

# Zweiter Abschnitt.

## Von den tropfbaren Flüssigkeiten.

§. 25. Die tropfbaren Flüssigkeiten haben, neben den allgemeinen Körpereigenschaften überhaupt (S. §. 3.), insbesondere auch die Schwere mit den festen Körpern gemein. Die meisten der bisher geschilderten Erscheinungen, welche größtentheils auf der Schwere beruhen, finden daher auch bei den tropfbar flüssigen Körpern statt. Diese unterscheiden sich aber von den festen Körpern hauptsächlich dadurch, daß die Theile derselben ihre Lage gegen einander weit leichter verändern, als die Theile fester Körper. Und hierauf vornehmlich beruhen die den tropfbaren Flüssigkeiten eigenthümlichen Gesetze und Erscheinungen.

### A. Von der gleichförmigen Verbreitung des Drucks in tropfbaren Flüssigkeiten.

§. 26. a. Jeder Theil einer tropfbaren Flüssigkeit hat vermöge seiner Schwere das Bestreben, sich dem Mittelpuncte der Erde zu nähern, und übt daher (was auch bei den Theilen fester Körper der Fall ist) einen Druck nach unten aus. Da aber die Theile tropfbarer Flüssigkeiten sehr verschiebbar

sind (§. 25.), so weicht der tiefer liegende Theil dem Drucke des höher liegenden aus, und sucht die neben ihm liegenden Theile zu verdrängen, wodurch eine Verbreitung des Drucks nicht blos nach unten, sondern auch nach den Seiten, und zwar in der Art bewirkt wird, daß an jeder beliebigen Stelle der Flüssigkeit der Seitendruck dem Druck nach unten gleich ist.

Daher die wagrechte Oberfläche tropfbarer Flüssigkeiten; daher das Zerfließen derselben auf wagrechten und das Herabfließen auf schiefen Ebenen. — Huber-Burnauds Versuche mit Sand. Brandes I, 129.

b. Der Druck, welchen der einzelne Theil einer Flüssigkeit erleidet, steht in genauem Verhältniß zu der Tiefe desselben unter der Oberfläche der Flüssigkeit, so daß z. B. ein Wassertheilchen, das sich 2′ unter dem Wasserspiegel befindet, gerade noch einmal so stark gedrückt wird, als ein Wassertheilchen von gleicher Größe, das sich 1′ unter dem Wasserspiegel befindet. Hiebei ist es gleichgültig, ob die Wassermasse, welcher das Theilchen angehört, in die Länge und Breite eine große oder geringe Ausdehnung hat.

Befindet sich an der Stelle des Wassertheilchens ein fester Körper, so erleidet dieser den gleichen Druck.

Ungeheurer Druck des Wassers in großen Tiefen. Brandes I, 135 f. — Die Taucherglocke.

c. Ist die Flüssigkeit in ein Gefäß eingeschlossen, so hat jeder Punct des Gefässes denselben Druck auszuhalten, den ein an der Stelle dieses Punctes befindliches Theilchen der Flüssigkeit erleiden würde. Die Stärke des Drucks aber, welchem die Wände des Gefässes ausgesetzt sind, richtet sich nicht nach der Menge der eingeschlossenen Flüssigkeit, sondern nach der Höhe derselben und nach dem Umfang der gedrückten Fläche.

Nur in Gefässen, welche überall gleich weit sind, entspricht daher der Druck auf den Boden genau dem Gewichte der eingeschlossenen Flüssigkeit. Dagegen übt die gleiche Menge Flüssigkeit auf den Boden eines Gefässes, das sich gegen unten erweitert (Fig. 19.), einen stärkeren Druck aus, als auf den Boden eines Gefässes, das sich gegen unten verengert (Fig. 20.), vorausgesetzt, daß sie in jenem eben so hoch steht,

als in diesem. Beträgt z. B. der Flächeninhalt des Bodens AB (Fig. 19.) 10 Quadratzoll, der des Bodens EF (Fig. 20.) 5 Quadratzoll, so stehen unmittelbar über AB 10 Kubikzoll, unmittelbar über EF nur 5 Kubikzoll Wasser. Ist nun aber die Höhe der Wassersäule in beiden Gefäßen gleich, so erleidet ein Kubikzoll bei AB denselben Druck, wie ein Kubikzoll bei EF, muß also auch auf den Boden des Gefäßes einen gleichen Druck ausüben. Mithin wird AB noch einmal so stark gedrückt als EF.

Der Druck, den die Seitenwände eines Gefäßes erleiden, ist an jeder Stelle derselben demjenigen Drucke gleich, den eine gleich große Stelle des Bodens auszuhalten hätte, wenn er in gleicher Höhe mit jener Stelle angebracht wäre. Ebenso verhält es sich mit dem Drucke nach oben in Gefäßen wie das Fig. 21. dargestellte. Ist das Gefäß ABCDEF mit Wasser gefüllt, so erleidet die Wand EF in jedem Puncte denselben Druck aufwärts, den sie abwärts erleiden würde, wenn sie sich als Boden in EG befände.

Die Schwere eines mit Flüssigkeit gefüllten Gefäßes hängt nicht von dem Bodendrucke ab. Brandes I, 145 ff.

Das Segnersche Wasserrad.

---

## B. Von den communicirenden Röhren.

§. 27. Unter communicirenden Röhren versteht man Röhren oder andere Gefäße, welche so mit einander verbunden sind, daß tropfbare Flüssigkeiten von der einen in die andere fließen können.

a. Flüssigkeiten derselben Art stehen in solchen Röhren, seien sie von gleicher oder ungleicher Weite, im Gleichgewicht, wenn die Flüssigkeit in der einen Röhre zu derselben Höhe emporgestiegen ist, wie in der andern. Das Gleichgewicht stellt sich aber vermöge der großen Verschiebbarkeit, welche die Theile einer Flüssigkeit haben, von selbst her, so bald die Verhältnisse es gestatten.

Hat die Röhre A (Fig. 22.) eine Durchschnittsfläche von 10 Quadratzollen, die Röhre B eine Durchschnittsfläche von 1 Quadratzoll, so muß die Flüssigkeit in der engeren Röhre um 10″ steigen, damit sie in der weiteren um 1″ sinken kann. Mithin hat die Flüssigkeit in B eine

10mal größere Geschwindigkeit, als in A, woraus folgt (vgl. §. 11.), daß 1 Cubikzoll Wasser in B 10 Cubikzollen Wasser in A das Gleichgewicht halten kann.

Wasserleitungen von einer Höhe zur andern, artesische Brunnen (Fig. 23. Brandes I, 167 f.), Springbrunnen, Lampen.

b. Steht eine und dieselbe Flüssigkeit in der einen Röhre höher, als in der andern, so strebt sie das Gleichgewicht herzustellen und übt daher auf Gegenstände, welche diesem Streben im Wege stehen, einen größeren oder geringeren Druck aus. (Vgl. §. 26.)

Die Wasserpresse (Fig. 24.), der anatomische Heber. Brandes I, 132 f. 146.

c. Flüssigkeiten verschiedener Art stehen in communicirenden Röhren im Gleichgewichte, wenn sich die Höhen derselben (ab und cd Fig. 25.) über der gemeinschaftlichen Grenze (b) umgekehrt, wie die spezifischen Gewichte (vgl. §. 28.), verhalten. Auch hier ist es gleichgültig, ob die Röhren von gleicher oder von verschiedener Weite sind.

Beträgt das specifische Gewicht des Wassers 1, das des Quecksilbers 14, so hält eine Quecksilbersäule von 1″ Höhe einer Wassersäule von 14″ Höhe das Gleichgewicht.

---

## C. Vom specifischen Gewichte.

### §. 28. Erscheinungen, welche auf der Verschiedenheit des specifischen Gewichts beruhen.

Specifisches Gewicht nennt man die eigenthümliche Schwere einer Materie, welche dadurch gefunden wird, daß man das Gewicht eines aus dieser Materie bestehenden Körpers von bestimmtem Umfange mit dem eines Körpers aus anderem Stoffe, aber von gleichem Umfange vergleicht. Zu solcher Vergleichung bedient man sich vorzugsweise des Wassers.

a. Gießt man Flüssigkeiten von verschiedenem specifischem Gewichte, die sich nicht leicht vermischen, in ein Gefäß,

so ordnen sie sich dergestalt in wagrechte Schichten, daß die specifisch schwerste den untersten, die specifisch leichteste den obersten Platz einnimmt.

Quecksilber, Wasser, Oel. Essig und Oel. Milch und Rahm. — Die Elementarwelt. Poppe, S. 189.

b. Feste Körper sinken in einer Flüssigkeit unter, wenn sie specifisch schwerer (A) sind, als diese; sie schwimmen in derselben, so daß ihre Oberfläche in der gleichen Ebene mit der Oberfläche der Flüssigkeit sich befindet, wenn sie von gleichem specifischem Gewichte (B) sind; und sie schwimmen auf derselben, wenn sie specifisch leichter (C) sind.

Das Schwimmen. Brandes I, 152 f. Poppe, S. 193 ff. — Das Ei im reinen Brunnenwasser und im Salzwasser, Schiffe auf dem Meere und in Flüssen.

Ausnahmen von dieser Regel s. m. bei Süskind, S. 117. und Poppe, S. 189.

Wie kann man Körper, die specifisch schwerer sind, als das Wasser, zum Schwimmen bringen? Süskind, S. 128 ff.

c. Jeder feste Körper verliert, wenn er in eine Flüssigkeit gebracht wird, so viel von seinem (wirklichen, nicht specifischen) Gewicht, als die Masse Flüssigkeit wiegt, die er aus der Stelle treibt.

Hiernach verlieren B und C ihr ganzes Gewicht; denn auch C sinkt so weit ein, daß es eine ihm an Gewicht gleiche Masse Flüssigkeit verdrängt; A dagegen verliert nur einen Theil seines Gewichts.

§. 29. Bestimmung des specifischen Gewichts fester und flüssiger Körper.

a. Um das specifische Gewicht eines festen Körpers zu bestimmen, welcher schwerer ist, als das Wasser, wiegt man denselben zuerst in der Luft und dann im Wasser. Hat man auf diese Weise ausgemittelt, wie viel der Körper im Wasser von seinem Gewichte verliert, so dividirt man die Summe seines wirklichen Gewichts mit der Summe des Gewichtsverlusts, und das specifische Gewicht des Körpers ist gefunden.

Wiegt ein Körper in der Luft 6 Pfund und im Wasser 4 Pfund,

so ist sein specifisches Gewicht $\frac{6}{2}=3$, d. h. sein specifisches Gewicht verhält sich zum specifischen Gewicht des Wassers wie 3:1.

b. Das specifische Gewicht eines festen Körpers, welcher leichter ist, als das Wasser, wird auf folgende Weise bestimmt: Man wiegt zuerst den Körper selbst in der Luft, dann einen andern Körper, welcher schwerer ist, als das Wasser, sowohl in der Luft als im Wasser; verbindet hierauf beide Körper und wiegt sie zusammen im Wasser. Zieht man nun von dem Gewichtsverlust der beiden Körper den Gewichtsverlust des schwereren ab und dividirt mit dem Rest das wirkliche Gewicht des leichtern Körpers, so hat man das gesuchte specifische Gewicht.

Wiegt der leichtere Körper in der Luft 2 Pf., der schwerere in der Luft 48 Pf., im Wasser 44 Pf., und beide zusammen im Wasser 40 Pf., so ist das specifische Gewicht des leichteren $=1/2$; denn $8-4=4$ und $\frac{2}{4}=\frac{1}{2}$.

Abänderung des Verfahrens bei Körpern, die das Wasser einsaugen oder sich in demselben auflösen. Fischer I, 54 ff. Brettner, S. 101 f.

c. Das specifische Gewicht einer tropfbaren Flüssigkeit wird ausgemittelt, wenn man ein Fläschchen mit fest verschließendem Stöpsel, nachdem es mit Wasser gefüllt und so gewogen worden, mit der fraglichen Flüssigkeit füllt und ebenfalls wiegt, und hierauf das Gewicht des leeren Fläschchens von den gefundenen Gewichten abzieht. Auf ähnliche Weise bestimmt man das specifische Gewicht elastisch flüssiger Körper.

Zur Bestimmung des specifischen Gewichts fester sowohl als flüssiger Körper bedient man sich auch eigener Instrumente, der sogenannten Senkwagen, welche in Senkwagen mit Scalen (Bierwagen, Weinwagen, Branntweinwagen u. s. w. Fig. 26.) und Senkwagen mit Gewichten (Fig. 27.) zerfallen. Brandes I, 157 ff. Süskind, S. 121 ff. Brettner, S. 103. f.

Die Kenntniß des specifischen Gewichts als Mittel die Aechtheit edler Metalle zu erproben. Süskind, S. 125. Poppe, S. 186.

---

## D. Vom Ausflusse.

§. 30. a. Bringt man an einem mit Wasser (oder einer andern Flüssigkeit) gefüllten Gefässe eine Oeffnung an, so ergießt sich das Wasser aus derselben mit derjenigen Geschwindigkeit, welche ein frei fallender Körper erlangt, wenn er aus einer Höhe herabfällt, die der Höhe der über der Oeffnung befindlichen Wassersäule gleich ist.

Die Anwendung dieses Gesetzes auf einzelne Fälle ergibt sich aus dem über die Fall- und Wurfbewegung Gesagten (§. 15. und 18.) von selbst. Das Wasser eines Springbrunnens (Fig. 28.) z. B. hat in dem ersten Zeittheilchen seines Emporsteigens bei e dieselbe Geschwindigkeit, die es in dem letzten Zeittheilchen seines Herabfallens gehabt hätte, wenn es in dem mit Wasser gefüllten Cylinder abcd frei von ab nach cd gefallen wäre, und würde sofort (nach §. 17. und 18.) mit abnehmender Geschwindigkeit bis f emporsteigen, wenn der Widerstand der Luft nicht wäre, und das herabfallende Wasser dem emporsteigenden nicht entgegenwirkte.

b. Da nach §. 26. und 27. der Druck einer dicken Wassersäule nicht größer ist, als der einer dünnen, so ist die Geschwindigkeit des Ausflusses bei beiden gleich, wenn sie einerlei Höhe haben.

c. Das mit einer gewissen Geschwindigkeit aus einer wagrechten Röhre fließende Wasser beschreibt eine krumme Linie, weil es nach dem Gesetze der Trägheit das Bestreben hat, in wagrechter Richtung fortzufließen, durch den Einfluß der Schwere aber in jedem Zeittheilchen etwas von dieser Richtung ab und gegen die Erde gezogen wird.

d. Die Menge des in einer bestimmten Zeit ausfließenden Wassers läßt sich berechnen, wenn man die Geschwindigkeit des Ausflusses und den Durchmesser des Wasserstrahls kennt.

Wichtigkeit dieser Berechnung für die Einrichtung von Brunnenwerken u. dgl. Brandes I, 171.

# Dritter Abschnitt.

## Von den elastischen Flüssigkeiten.

§. 31. Die elastischen Flüssigkeiten sind theils solche, welche bei jedem Wärmegrad elastisch flüssig bleiben (Gase), theils solche, welche bei einem geringern Grad von Wärme tropfbar flüssig oder fest werden (Dämpfe). Gase sowohl als Dämpfe unterscheiden sich von den tropfbar flüssigen Körpern hauptsächlich durch ihre Elasticität (vgl. §. 4.), haben dagegen mit denselben die Schwere und die große Verschiebbarkeit ihrer Theile gemein (vgl. §. 25.). Auf diesen drei Eigenschaften beruhen alle Erscheinungen, die wir im Folgenden zu betrachten haben.

Die wichtigste unter den elastischen Flüssigkeiten ist die atmosphärische Luft, welche unsere Erde von allen Seiten umgibt, und eine der ersten Bedingungen alles Lebens auf derselben ist.

Beweise für die Körperlichkeit und Elasticität der Luft: Das scheinbar leere Glas, das man umgekehrt in eine Flüssigkeit eintaucht; der Widerstand, welchen man beim Gehen empfindet; der Wind; die mit Luft gefüllte Blase; die Unmöglichkeit, einen in eine luftdicht verschlossene Röhre genau passenden Kolben bis auf den Boden der Röhre hinabzudrücken, und das Zurückspringen desselben bei aufhörendem Druck; das cartesianische Teufelchen; die Ausdehnung der Luft in einer theilweise mit Wasser gefüllten Röhre (Fig. 29.), wenn man dem Wasser durch Zurückziehung des Kolbens D Gelegenheit gibt, bei C in die Höhe zu

steigen. (AB Luft, BC Wasser, AE der Raum, welchen die Luft einnimmt, nachdem der Kolben zurückgezogen worden ist.) Süskind, S. 133 f. Poppe, S. 199 f. Brandes I, 202 ff.

---

## A. Von dem Drucke der atmosphärischen Luft.

§. 32. Vermöge ihrer Schwere übt die Luft einen Druck nach unten aus. Dieser Druck beginnt in der obersten Luftschichte und nimmt von oben nach unten gleichmäßig zu, so daß (in Folge der Elasticität der Luft) von zwei einander berührenden Schichten allemal die untere stärker zusammengedrückt und eben damit dichter ist, als die obere. Mit der Zusammendrückung wächst sodann auch das Bestreben der Luft, sich nach allen Richtungen auszudehnen; und dieses Bestreben läßt sie, bei der ungeheuern Verschiebbarkeit ihrer Theile, nicht eher zur Ruhe kommen, als bis sie in gleichen Höhen überall die gleiche Dichtigkeit erlangt hat; daher denn auch die Luft wirklich im Allgemeinen in gleichen Höhen über der Erdoberfläche allenthalben gleich dicht ist. Gleiche Dichtigkeit hat aber auch wieder gleichen Druck zur Folge und zwar nicht blos nach unten, sondern auch nach oben und nach den Seiten, nicht blos wenn die drückenden Massen gleich groß sind, sondern bei der kleinsten, wie bei der größten.

In einem luftdicht verschlossenen Gefäße, z. B. unter der Glocke der Luftpumpe drückt die Luft eben so stark, als ausserhalb des Gefässes, vorausgesetzt, daß dasselbe mit eben der Luft gefüllt ist, die es umgibt.

§. 33. a. An solchen Theilen der Erde, welche einerlei Höhe mit der Meeresfläche haben, drückt die Luft auf jeden Quadratzoll mit einem Gewicht von 15⅖ Pfund, auf jeden Quadratfuß mit einem Gewicht von mehr als 22 Ctnr. Hiernach trägt in so tief liegenden Gegenden der erwachsene Mensch ungefähr 270 Ctnr. Luft. Dieser ungeheuren Last

halten aber die in uns eingeschlossenen elastischen Flüssigkeiten das Gleichgewicht; daher empfinden wir nichts von derselben. Steigt man auf hohe Berge, so hört das Gleichgewicht auf, und die innern elastischen Flüssigkeiten drücken oft das Blut zum Munde, zur Nase u. s. w. heraus.

b. In einer luftleeren Röhre steigt das Wasser in Folge des Drucks der atmosphärischen Luft 32′, das Quecksilber 28″ oder $2\frac{1}{3}$′. Aus dieser Gewalt des Luftdrucks erklären sich mancherlei Erscheinungen, z. B. die des Saugens, des Pumpens, der Heber, das Barometer.

Der Toricellische Versuch. Poppe, S. 201 f. Brettner, S. 108 f. Das in einer Wanne mit Wasser gefüllte Glas, das man mit nach unten gekehrter Mündung beinahe bis an diese aus der umgebenden Wassermasse herausheben kann, ohne daß das Wasser im Glase sinkt. Brandes I, 205.

§. 34. Die Wasserpumpen, deren man sich zum Emporschaffen des Wassers aus der Tiefe bedient, sind theils Saugwerke, theils Druckwerke.

Die Bestandtheile einer Saugpumpe (Fig. 30.) sind: 1) der Stiefel **AB**, in welchem ein genau anschließender, von oben nach unten durchbohrter Kolben **C** hin und her bewegt werden kann; 2) die Saugröhre **BD**, welche in das emporzupumpende Wasser zu stehen kommt, und 3) die Ausgußröhre **E**, durch welche das emporgepumpte Wasser ausfließt. Ausserdem sind in der Maschine 4) zwei Ventile, das eine in **B**, das andere in **C** angebracht, welche sich beide nach oben öffnen. Gesetzt nun, der Kolben befinde sich auf dem Boden des Stiefels (bei **B**) und man ziehe ihn herauf, so entsteht zwischen dem Kolben und dem Bodenventil ein luftleerer Raum, in welchen sofort das Wasser aus dem Saugrohre in Folge des Drucks der äußeren Luft eindringt. Drückt man hierauf den Kolben wieder hinunter, so öffnet das zwischen **B** und **C** befindliche Wasser das Kolbenventil, dringt in den Raum **AC** und kann nun mit dem Kolben in die Höhe gehoben und durch die Ausgußröhre zum Ausfließen gebracht werden.

Fig. 31. stellt ein Druckwerk dar. Hier ist der Kolben C nicht durchbohrt; das Wasser kann daher nicht in den über dem Kolben befindlichen Raum eindringen, sondern wird, wenn es einmal über B emporgestiegen ist, durch den heruntergehenden Kolben in die Steigröhre E gedrückt und fließt durch diese aus.

Das Saugen beruht auf demselben Grunde, wie das Pumpen. Bringen wir eine Röhre an den Mund, deren unteres Ende in eine Flüssigkeit getaucht ist, und verdünnen sodann mittelst Erweiterung der Brusthöhle die in der Lunge befindliche Luft, so steigt die Flüssigkeit in der Röhre empor, weil die verdünnte innere Luft der dichteren äußeren nicht mehr das Gleichgewicht zu halten vermag. Brandes I, 236. Poppe, S. 213. Süskind, S. 141.

§. 35. Eine gebogene, an beiden Enden offene Röhre (Fig. 32.), welche aus zwei Schenkeln ab und bc besteht, nennt man einen Heber. Bringt man das Ende des einen Schenkels (ab) in ein Gefäß mit Wasser und verdünnt nun durch Saugen (bei c) oder auf andere Weise die im Heber befindliche Luft, so fängt das Wasser, vorausgesetzt, daß seine Oberfläche im Gefäß (df) höher liegt, als das Ende des anderen Schenkels (bc), durch diesen auszufließen an. Während nämlich dem in der Röhre von a bis e befindlichen Wasser das Wasser im Gefäß und der Wassersäule cb die Wassersäule bg und umgekehrt das Gleichgewicht hält, so ist dagegen nichts da, was der Wassersäule gc das Gleichgewicht halten könnte; denn die Luft, welche auf c drückt, drückt mit der gleichen Stärke auch auf das Wasser im Gefäß. Das Wasser muß daher bei c ausfließen. Nun entsteht bei b ein luftleerer Raum, in welchen das Wasser in Folge des bei df stattfindenden Luftdrucks aus eb eindringt. Auf diese Weise erhält bc einen neuen Zufluß, und da sich dieß immer wiederholt, so muß der Ausfluß bei c fortdauern, so lange die Oberfläche des Wassers im Gefäß nicht unter die Ausflußmündung herabsinkt.

Der Vexirbecher, die periodischen Quellen, der Czirknitzer See. (Fig. 33.) Brandes I, 237 f. Poppe, S. 232 f.
Man bedient sich des Hebers hauptsächlich, um Flüssigkeiten aus

größeren Gefässen, z. B. Fässern, die man unten nicht öffnen will, durch eine obere Oeffnung herauszuschaffen. Vgl. übrigens Brandes I, 237.

§. 36. Wie der Druck der Luft beim Heber das Ausfließen tropfbarer Flüssigkeiten bewirkt, so verhindert er in andern Fällen dasselbe. Aus einem vollen Fasse z. B., dessen Spundloch geschlossen ist, fließt, wenn auch der Hahn geöffnet wird, nichts aus, weil hier dem Luftdruck von unten keiner von oben entgegenwirken kann und die Schwere der Flüssigkeit für sich den Druck einer Luftmasse, die einer 32′ hohen Wassersäule das Gleichgewicht hält, nicht zu überwinden vermag.

Der Stechheber, der Zaubertrichter, der Commandobrunnen, das Wasser im Siebe. Poppe, S. 205 ff. Brandes I, 233. Süskind, S. 139 f.

§. 37. a. Der Druck der Luft ist nicht zu allen Zeiten und an allen Orten gleich. Um nun die verschiedene Stärke desselben zu bestimmen, wird ein eigenes Instrument gebraucht, — das Barometer.

b. Das Barometer besteht gewöhnlich aus einer gekrümmten Glasröhre (Fig. 34.), deren kürzerer Schenkel sich in eine hohle Kugel endigt. Zweckmäßiger jedoch gibt man demselben die Einrichtung, welche Fig. 35. darstellt, wo die Röhre nicht gekrümmt ist, sondern mit ihrem unteren Ende in ein besonderes Gefäß a einmündet. Die Röhre hat von b bis e in der Regel eine Länge von etwa 30″ und muß jedenfalls über 28″ lang sein. Bei e ist sie geschlossen. Dagegen muß das Gefäß oder die Kugel nach oben eine Oeffnung haben, damit hier der Luftdruck wirken kann. Füllt man nun die Röhre mit Quecksilber und bringt sie sodann in eine senkrechte Lage, so sinkt das Quecksilber je nach der größeren oder geringeren Stärke des in a wirkenden Luftdrucks mehr oder weniger in derselben herab, so daß zwischen d und e ein luftleerer Raum entsteht. (Vgl. §. 33. b.) Um die Stärke des Luftdrucks, welche nach der Höhe der Quecksilbersäule bd über der Ober-

fläche des Quecksilbers im Gefäß bc berechnet wird, mit Sicherheit bestimmen zu können, ist an der Röhre eine Scale angebracht.

Eine andere Art des Barometers ist das sogenannte Heberbarometer. Brandes I, 208. Poppe, S. 217. Brettner, S. 110f.. Warum hat man keine Wasserbarometer?

c. Da der Druck der Atmosphäre von unten nach oben gleichmäßig abnimmt (§. 32.), so ist das Barometer hauptsächlich zu Höhenmessungen zu gebrauchen, wobei jedoch neben dem Umstande, daß die Luftschichten immer dünner werden, je höher man steigt, noch manches Andere, namentlich der Einfluß der Wärme theils auf das Quecksilber, theils auf die Dichtigkeit der Luft, in Betracht zu ziehen ist, wenn man zu einem einigermaßen sichern Resultat gelangen will.

An der Meeresfläche beträgt die mittlere Barometerhöhe ungefähr 28″, bei uns (in Ulm) 26″ 5‴. Auf dem Montblanc sinkt das Barometer bis auf 16″ und auf dem Chimborasso bis auf 12″ 10‴ herab. Vgl. Brandes I, 212 ff. Brettner, S. 112 f.

d. Die Veränderungen des Barometerstandes an einem und demselben Orte sind im Durchschnitt weit unbedeutender auf hohen Bergen und in der Nähe des Aequators, als in der Tiefe und gegen die Pole hin. Mit Hülfe dieser Veränderungen die Witterung vorherbestimmen zu wollen, ist eine mißliche Sache; denn zunächst zeigen dieselben durchaus nichts anderes an, als einen veränderten Druck der Atmosphäre; dieser kann aber sehr verschiedene Ursachen und eben darum auch sehr verschiedene Folgen haben.

Tägliche regelmäßige Veränderungen des Barometerstandes in der Nähe des Aequators. Brandes I, 220 ff. Brettner, S. 115. Einfluß der Winde auf das Barometer. Brandes I, 223 ff.

---

## B. Von dem Drucke verdichteter Luft.

§. 38. Theils durch natürliche Ursachen, theils durch künstliche

Mittel können einzelne Luftmassen noch weit stärker zusammengedrückt werden, als die uns umgebende atmosphärische Luft durch die höher liegenden Luftschichten zusammengedrückt ist; und solche verdichtete Luftmassen bringen oft sehr auffallende Wirkungen hervor.

Die Compressionspumpe (Fig. 36.); die Windbüchse. Brettner, S. 119. Brandes I, 263 ff. Poppe, S. 276 ff. Die Entzündung des Schießpulvers wirkt auf ähnliche Weise, wie verdichtete Luft. Brandes I, 265.

§. 39. In der durch natürliche Ursachen bewirkten Zusammendrückung von Luft oder Dämpfen scheinen gewisse natürliche Springbrunnen ihren Grund zu haben. Man denke sich einen unterirdischen Behälter, wie ihn Fig. 37. darstellt. Derselbe sei bis zu ab mit einer Flüssigkeit gefüllt, aus welcher sich Gase oder Dämpfe entwickeln. Können nun diese nirgends entweichen und entwickeln sie sich mit der nöthigen Schnelligkeit, so werden sie bald einen solchen Grad von Dichtigkeit erlangt haben, daß sie den Druck der äußern Luft überwinden und die Flüssigkeit, welche sonst nirgends ausfließen kann, mit einer gewissen Gewalt durch die Röhre cd hinaustreiben.

Der Carlsbader Sprudel, die Geyser in Island. Brandes I, 241 f. Vgl. auch den Heronsbrunnen (Fig. 38.) und den Heronsball. Brandes I, 239 f. Brettner, S. 120 ff. Poppe, S. 271. 279.

§. 40. Die bekannteste künstliche Anwendung verdichteter Luft findet bei der Feuerspritze statt, deren wichtigster Theil der Windkessel A (Fig. 39.) ist. In diesen wird das Wasser mittelst der Pumpen B, in welche es bei dem Emporziehen der Kolben aus dem Wasserkasten C heraufsteigt, durch die Ventile x' hineingepreßt. Je mehr nun das Wasser die im Kessel befindliche Luft zusammendrückt, desto stärker drückt sie auf das Wasser, welches sofort durch die Steigröhre D hinausspritzt.

## C. Von der Luftpumpe.

### §. 41. Beschreibung der Luftpumpe.

Es gibt zwei Hauptarten von Luftpumpen: Ventilluftpumpen und Hahnluftpumpen. Die Einrichtung der Ventilluftpumpe ist folgende: ab (Fig. 40.) ist ein hohler Cylinder (der Stiefel), in welchemsich ein luftdicht anschließender Kolben befindet, der hin und her bewegt werden kann. Der Cylinder steht mit dem Teller fg, auf welchen der Recipient e (gewöhnlich eine Glasglocke) gesetzt wird, durch die Röhre cd in Verbindung. In c ist ein Ventil angebracht, das sich nur nach unten öffnet. Ebenso sind am Cylinder in a und b Ventile, die sich nur nach außen öffnen. Gesetzt nun, der Kolben befinde sich bei a und werde gegen b hingeschobeu, so strömt die im Cylinder befindliche Luft bei b hinaus, und da nun der Cylinder luftleer ist, so dringt die unter der Glocke befindliche Luft vermöge ihrer Elasticität in denselben ein und strömt, indem man den Kolben zurückzieht, bei a aus dem Cylinder. Fährt man mit dem Hin- und Herbewegen des Kolbens fort, so wird die Luft unter der Glocke immer dünner; doch stellt sich niemals ein völlig luftleerer Raum unter derselben her. Will man die Glocke wieder mit Luft füllen, so öffnet man die Schraube h.

Bei der Hahnluftpumpe werden die Ventile durch Hahnen vertreten.

Die hier geschilderte Einrichtung der Ventilluftpumpe ist nicht die einzig mögliche, und auch die Hahnluftpumpe kann verschiedentlich construirt werden. Vgl. Brandes I, 247 ff. Brettner, S. 123 ff. Poppe, S. 243 ff. Süskind, S. 165 ff.

### §. 42. Versuche mit der Luftpumpe.

Durch die mannigfaltigen Versuche, welche mittelst der Luftpumpe angestellt werden können, werden hauptsächlich folgende Lehren der Physik theils erläutert, theils bestätigt:

1) Die Lehre von der Elasticität und vom Drucke der Luft.

Eine schlaffe Blase schwillt, wenn sie fest zugebunden ist, unter dem Recipienten an. Das Bier schäumt gewaltig. Ein runzlichter Apfel wird voll und glatt. Der Quecksilberspringbrunnen. Das auf der spitzen Seite durchstochene Ei. — Das Festsitzen des Recipienten auf dem Teller. Die Magdeburger Halbkugeln. Das Zersprengen von Glasplatten oder Blasen über der Luftpumpe. Der Quecksilberregen. — Der Heber fließt unter dem Recipienten nicht; das Barometer sinkt.

2) Der Satz, daß die Luft nothwendige Bedingung alles Lebens ist. (§. 31.)

Das Thier stirbt unter dem Recipienten. Lichter verlöschen unter demselben.

3) Die Lehre von der Porosität der Körper. (§. 3. B. c.)

Aus Wasser, Holz, Eiern u. dgl. kommen, wenn die sie umgebende Luft verdünnt wird, Luftblasen in Menge hervor.

4) Die Lehre von der Schwere. (§. 15. §. 28. und 43.)

Ein Pfund Blei und ein Pfund Korkholz, an den beiden Enden eines Wagbalkens befestigt, halten sich im luftleeren Raume nicht mehr das Gleichgewicht; das Korkholz sinkt. Der Ducaten und die Flaumfeder fallen hier mit gleicher Schnelligkeit.

5) Die Lehre vom Schall.

Glocken und andere schallende Körper geben im luftleeren Raume keinen Ton von sich.

6) Die Lehre von der Wärme.

Das Sieden tritt unter der Glocke der Luftpumpe bei einem weit geringeren Wärmegrade ein, als in unverdünnter Luft.

---

## D. Von einigen Erscheinungen in der Luft, welche auf der Verschiedenheit des spez. Gewichts beruhen.

§. 43. a. Da die Luft schwer ist, so muß (vgl. §. 28.) jeder Körper in derselben so viel von seinem Gewichte verlie-

ren, als die Masse Luft wiegt, die er aus der Stelle treibt. Wiegt er nicht mehr, oder gar weniger, als die von ihm verdrängte Luft, so verliert er sein ganzes Gewicht, und muß im erstern Falle in der Luft schwimmen, im zweiten emporsteigen. Hierauf beruht die Erscheinung des Luftballons, eines mit verdünnter (erwärmter) Luft oder Wasserstoffgas gefüllten Schlauchs von Papier, gefirnißtem Zeug oder dgl., der, weil er specifisch leichter ist, als die atmosphärische Luft, sich in derselben erhebt.

Von selbst versteht sich, daß, da die Atmosphäre von unten nach oben immer dünner wird, jeder Luftballon am Ende zu steigen aufhören muß. Brandes I, 275 f. Brettner, S. 130 ff.

b. Wasserdämpfe sind fast noch einmal so leicht als die atmosphärische Luft; daher müssen sie in derselben emporsteigen. Bilden sich auf irgend eine Weise, z. B. durch ungleiche Erwärmung, Luftmassen von ungleicher Dichtigkeit in der Atmosphäre, so steigt die dünnere Luft ebenfalls in die Höhe, während die dichtere herabsinkt, und auch von den Seiten dringen die dichteren Luftmassen in die mit dünnerer Luft erfüllten Räume ein. Auf diese Weise entsteht der Wind, welcher nichts anderes ist, als ein Strömen der dichteren Luft nach derjenigen Gegend hin, wo eine Luftverdünnung stattgefunden hat.

# Anhang
## zu den drei ersten Abschnitten.

### Vom Schalle. *)

§. 44. a. Alles, was einen Eindruck auf unser Gehör hervorbringt, wird Schall genannt. Der Schall entsteht, wenn ein Körper in schwingende (zitternde) Bewegung versetzt wird.

Das Zittern der Glocke, der Saite u. s. w. Brandes I, 282. Besonders häufig sind es Schwingungen der Luft, welche den Schall hervorbringen. Dahin gehört: der Knall der Kanone, der Donner, das Tönen der Blasinstrumente, das Sprechen, das Singen u. s. w. Süskind, S. 84.

Schall im objectiven und im subjectiven Sinne.

b. Den Schall, welcher, durch regelmäßige Schwingungen hervorgebracht, dem Ohre eine gewisse Befriedigung gewährt, nennt man einen Ton. Der Ton ist höher bei schnelleren, tiefer bei langsameren Schwingungen.

c. Eine kurze Saite schwingt, bei gleicher Dicke und Spannung, schneller, als eine lange, und gibt daher auch ei-

---

*) Die Lehre vom Schalle gehört eigentlich in den Abschnitt „von der Bewegung"; da sie jedoch die Lehre von der Luft voraussetzt, so findet sie wohl am Besten erst hier, und zwar, sofern sie der zuletzt genannten Lehre nicht füglich einverleibt werden kann, anhangsweise ihre Stelle.

nen höheren Ton. Beträgt die Länge der Saite A 1′ und die der Saite B 2′, so macht A zwei Schwingungen, bis B eine macht; die Tonhöhe von A aber übersteigt die Tonhöhe von B gerade um das, was man in der Musik eine Octave nennt. — Die Saitenlängen und Schwingungszahlen der 8 Haupttöne der Scala verhalten sich folgendermaßen zu einander:

| Grundton. | Secunde. | Terz. | Quarte. | Quinte. | Sexte. | Septime. | Octave. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C. | D. | E. | F. | G. | A. | H. | c. | |
| 1. | $\frac{8}{9}$ | $\frac{4}{5}$ | $\frac{3}{4}$ | $\frac{2}{3}$ | $\frac{3}{5}$ | $\frac{8}{15}$ | $\frac{1}{2}$ | Saitenlängen. |
| 1. | $\frac{9}{8}$ | $\frac{5}{4}$ | $\frac{4}{3}$ | $\frac{3}{2}$ | $\frac{5}{3}$ | $\frac{15}{8}$ | $\frac{2}{1}$ | Schwingungszahlen. |

d. h. denkt man sich die C Saite (S. Fig. 41.) in 9 gleiche Theile getheilt, so muß die D Saite aus 8 solchen Theilen bestehen; denkt man sich die C Saite in 5 gleiche Theile getheilt, so beträgt die Länge der E Saite 4 solche Theile u. s. w.; sodann: während die C Saite 8 Schwingungen macht, macht die D Saite 9; während die C Saite 4mal schwingt, schwingt die E Saite 5 mal u. s. w. In ganzen Zahlen:

| C. | D. | E. | F. | G. | A. | H. | c. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 180. | 160. | 144. | 135. | 120. | 108. | 96. | 90. | Saitenlängen. |
| 24. | 27. | 30. | 32. | 36. | 40. | 45. | 48. | Schwingungszahlen. |

Die Dicke der Saiten hat auf den Ton derselben den gleichen Einfluß, wie die Länge. Ist von zwei gleich langen Saiten die eine 1‴, die andere ½‴ dick, so macht diese zwei Schwingungen, während jene eine macht; der Ton der erstern ist also um eine Octave tiefer, als der Ton der letztern. Verstärkte Spannung erhöht den Ton. Brettner, S. 137. Süskind, S. 88 f.

Der Tonmesser (Monochord). Brandes I, 286 f.

d. Bei Blaseinstrumenten ist es die in denselben befindliche Luftsäule, welche, indem sie in Schwingungen versetzt wird, Töne hervorbringt. Je länger diese Luftsäule ist, desto tiefer ist der Ton. Bei manchen Instrumenten kann sie durch Oeffnung oder Schließung von Seitenlöchern bald verkürzt, bald verlängert werden. Wo sich keine solche Seitenlöcher finden, da hängt die Höhe die Tons allein von der Stärke

des Anblasens ab. Durch ein stärkeres Anblasen werden schnellere Schwingungen hervorgebracht, folglich auch höhere Töne.

Beweis, daß es in Blaseinstrumenten wirklich die Luft ist, welche tönt. Brettner, S. 143.

Die Flöte, die Clarinette. — Die Trompete, das Waldhorn. —

e. Große Aehnlichkeit mit den Blaseinstrumenten hat das Stimmorgan der Menschen und Thiere. Auch hier ist es eine Luftsäule, welche, mit Hülfe der Lunge und Stimmritze in Schwingungen versetzt, Töne hervorbringt. Diese Töne werden sodann durch verschiedene Bewegungen der Zunge, der Zähne und der Lippen zu bestimmten Sprachlauten ausgebildet.

Vgl. Poppe, S. 137 ff. Brandes I, 359 f.

f. Töne von derselben Höhe oder Tiefe haben einen verschiedenen Klang je nach der verschiedenen Beschaffenheit theils der tönenden Körper selbst, theils der gleichzeitig schwingenden anderen Körper, welche mit jenen in unmittelbarer Verbindung stehen.

Zugleich mit der Luftsäule, welche in einem Blaseinstrument schwingt, schwingen auch die Theile des Instruments selbst, und hierauf beruht der eigenthümliche Klang desselben.

g. An dem schallenden Körper finden sich sehr häufig Stellen, welche, während die übrigen Theile des Körpers schwingen, in Ruhe bleiben. Diese Stellen lassen sich durch die sogenannten Klangfiguren dem Auge wahrnehmbar machen.

Man nehme eine mit Sand bestreute Glastafel und streiche sie am Rand mit einem Violinbogen, so wird sich der Sand alsbald auf die ruhenden Stellen zurückziehen, und, wenn der Ton rein ist, regelmäßige Figuren bilden. Brandes I, 314 ff. Brettner, S. 141 ff. Poppe, S. 136 f.

§. 45. a. Die Fortpflanzung des Schalls geschieht dadurch, daß der schallende Körper seine Schwingungen anderen Körpern, insbesondere der Luft, mittheilt. Die Bewegung der Luft, durch welche der Schall fortgepflanzt wird, denkt man sich als eine wellenartige, ähnlich derjenigen, welche entsteht, wenn man einen Stein ins Wasser wirft.

Vgl. Brettner, S. 145 f. Poppe, S. 141 ff.

Feste Körper pflanzen den Schall in der Regel besser fort, als die Luft. Der mit den Zähnen an einem Faden gehaltene Löffel, die Uhr auf dem Balken, das Horchen auf der Erde. Brettner, S. 145. Süskind, S. 93.

b. Die Geschwindigkeit des Schalls hängt hauptsächlich vom Winde und von der Temperatur der Luft ab. Nach der Seite hin, wo der Wind den Schallwellen entgegenweht, geht natürlich die Fortpflanzung langsamer von Statten. Die Wärme erhöht die Elasticität der Luft und eben damit ihre Fähigkeit, den Schall rasch fortzupflanzen. Bei 10° Reaum. legt der Schall 1050′ in der Secunde zurück.

Wie mißt man die Geschwindigkeit des Schalls? Poppe, S. 147 f. Brettner, S. 146.

Die Kenntniß der Geschwindigkeit des Schalls ein Mittel die Entfernung schallender Körper zu bestimmen. Süskind, S. 96.

c. Die Stärke des Schalls ist nicht blos durch die Beschaffenheit der Schwingungen, sondern noch durch manche andere Umstände bedingt. Sie nimmt zu mit der Dichtigkeit der Luft und mit der Stille in derselben, und kann außerdem auf künstliche Weise verstärkt werden, indem man die Schallwellen verhindert, nach allen Seiten auseinander zu gehen, oder indem man den schallenden Körper mit elastischen und dabei harten Stoffen umgibt. Je weiter die Schallwellen von dem schallenden Körper sich entfernen, desto schwächer werden sie; die Stärke des Schalls nimmt daher in der Entfernung ab und zwar in demselben Verhältniß, in welchem die Quadrate der Entfernungen zunehmen.

Merkwürdige Stärke des Schalls in den Polar-Gegenden, in der Taucherglocke u. s. w. In einem kalten Zimmer tönt ein Instrument lauter, als in einem warmen; bei Nacht hört man einen Schall weiter, als bei Tag. Brettner, S. 148. — Sprachröhre. Fischer I, 149 f. Brandes I, 326 f. — Resonanz. Brandes I, 348 ff.

d. Jeder in Bewegung befindliche elastische Körper prallt, wenn er auf einen andern, unbeweglichen und harten Körper stößt, von diesem unter demselben Winkel zurück, unter wel-

chem er auf denselben auffiel; so auch die Luftwellen, welche den Schall fortpflanzen. Auf diese Weise entsteht das Echo, vorausgesetzt, daß eine gehörige Anzahl von Schallwellen in derselben Richtung zurückgeworfen wird und sich der schallende Körper nicht zu nahe bei dem zurückwerfenden befindet. Im letztern Falle fällt der Wiederhall mit dem Schalle selbst zusammen, oder es entsteht (wie in großen Zimmern, Kirchen u. dgl.) ein Nachhall, der Anfang des Echos. Auch der Hörende darf dem Gegenstande, der das Echo hervorbringt, nicht zu nahe sein, wenn er dasselbe vernehmen will.

Es gibt Echos, die der Sprechende nicht hört. — Ein- und vielsylbige, ein- und vielfache Echos. Poppe, S. 159 f. Brettner, S. 151 f.

Wie ein Körper oder eine Masse von Körpern, auf welche Schallstrahlen auffallen, beschaffen sein müsse, um ein wirkliches Echo hervorzubringen, darüber ist man noch nicht im Reinen, obwohl man weiß, daß dabei viel auf die Lage der Körper, auf den Grad ihrer Festigkeit, auf die Größe der Fläche, die sie den anprallenden Schallstrahlen darbieten, u. dgl. ankommt. Vgl. Brandes I, 339. Brettner, S. 150.

Auf die Deutlichkeit des Sprechens in einem eingeschlossenen Raume kann die Zurückwerfung des Schalls theils günstig, theils ungünstig wirken. Sprachgewölbe, akustisch gebaute Kirchen. Poppe, S. 156 ff. Brandes I, 350 f.

e. Wir vernehmen den Schall, indem er einen Eindruck auf unsern Gehörnerven macht, zu welchem die Schallwellen entweder durch den Gehörgang oder durch die Knochen des Kopfes gelangen.

Bestandtheile des Gehörorgans: 1) das äußere Ohr: die Muschel mit dem Ohrläppchen, der Gehörgang, das Trommelfell; 2) das mittlere Ohr: die Trommelhöhle mit den drei Gehörknöchelchen; 3) das innere Ohr oder Labyrinth, das mit Wasser angefüllt ist, und in welchem sich der Gehörnerv ausbreitet. Vgl. Brandes I, 353 ff. Poppe, S. 162 ff.

Harthörigkeit, Taubheit. Poppe, S. 164.

---

# Vierter Abschnitt.

## Von den unwägbaren Stoffen.

### I. Von der Wärme.

#### A. Von der Erregung und Verbreitung der Wärme.

§. 46. Alle Körper besitzen die Fähigkeit, in einen Zustand versetzt zu werden, in welchem sich diejenige Erscheinung an ihnen zeigt, welche wir mit dem Ausdruck Wärme bezeichnen. Man spricht daher von einem in den Körpern gebundenen Wärmestoff (Vgl. §. 4. a.), welcher durch äussere Einwirkungen frei gemacht werde. Frei nämlich nennen wir die einem Körper eigenthümliche Wärme dann, wenn sie auf andere Körper wirkt. Der Grad freier Wärme, den ein Körper besitzt, heißt seine Temperatur; eine hohe Temperatur wird Hitze, eine niedere Kälte genannt.

Kälte ist also nicht völlige Abwesenheit der Wärme, sondern nur ein geringerer Grad derselben.

b. Durch Reiben, Schlagen, Zusammenpressen u. dgl. insbesondere aber durch die Einwirkung des Sonnenlichts wird Wärme frei gemacht. Auch findet bei manchen chemischen Processen eine Wärmeerregung statt.

Der aus zwei trockenen Hölzern bestehende Feuerzeug; die Erhitzung von Metallen und andern Körpern durch Bohren, Sägen, Schleifen u. dgl. Das Feuerschlagen. — Ausserordentliche Wirkungen des durch Brennspiegel oder Brenngläser verdichteten Sonnenlichts. — Wärmeerregung durch Vermischung von Wasser und ungelöschtem Kalk,

Wasser und Schwefelsäure, Salpetersäure und Terpentinöl u. dgl. Selbstentzündung von Heu, Dünger u. dgl. Die Wärme thierischer Körper. Das Verbrennen. Süskind, S. 173 ff. Brandes III, 83 f. 201 ff. Poppe, S. 284 ff.

§. 47. a. Kommen zwei Körper von ungleicher Temperatur mit einander in Berührung, so theilt der wärmere dem kälteren einen Theil seiner Wärme mit, und zwar so, daß dieselbe zuerst auf diejenigen Theile des kälteren Körpers übergeht, welche den wärmeren unmittelbar berühren, von diesen sodann über die nächstliegenden sich verbreitet und so allmählig den ganzen Körper durchdringt. Diese Art der Wärmeverbreitung wird Wärmeleitung genannt.

b. Die Körper sind in der Regel um so bessere Wärmeleiter, d. h. sie nehmen die Wärme um so leichter in sich auf und geben sie um so schneller wieder ab, je dichter sie sind.

Die besten Wärmeleiter sind die Metalle; zu den schlechten gehören: Haare, Federn, Seide, Stroh, Holz, Papier, Schnee, Luft u. s. w. — Erhitztes Metall läßt sich weniger anrühren, als gleich stark erhitztes Holz. Kaltes Eisen fühlt sich weit kälter an, als Holz von derselben Temperatur.

Man bedient sich guter Wärmeleiter, wenn man Wärme schnell verbreiten, schlechter, wenn man sie irgendwo zurückhalten will. — Eiserne und thönerne Oefen. Zu Schmelzöfen sind Metalle ganz unbrauchbar. — Kleider, Betten (Luftbetten), Stroh- und Schindeldächer, Vorfenster; das Wiederbeleben Erfrorener mit Hülfe von Schnee; das Umgeben der Bäume, Brunnen u. dgl. mit Stroh zum Schutze gegen die Kälte. Hölzerne Griffe an Kohlenpfannen. Unter ein Glas, das man auf den heißen Ofen stellen will, legt man ein Papier, damit es nicht zerspringe. — Brandes III, 47 ff. Süskind, S. 199 ff. Poppe, S. 294 ff.

c. Den guten Wärmeleitern schreibt man geringere Empfänglichkeit für die Wärme (geringere Wärmecapacität) zu, als den schlechten, weil sie, um zu gleichen Graden erwärmt zu werden, weniger Wärmestoff in sich aufnehmen, als diese, daher auch bei gleicher Temperatur in der That weniger wirkliche Wärme enthalten.

Mischt man 1 Pfund Wasser von 30° mit 1 Pfund Wasser von 90°, so zeigt die Mischung, wie man im Voraus erwarten muß, 60°. Mischt man dagegen 1 Pfund Terpentinöl von 30° mit 1 Pf. Wasser von 90°, so zeigt die Mischung 70°. Dieselbe Wärmemenge also, welche, indem sie dem Wasser entzogen wurde, die Temperatur des Terpentinöls um 40° erhöhte, hatte die Temperatur des Wassers nur um 20° erhöht. Man sagt daher, das Wasser habe eine doppelt so große Wärmecapacität, als das Terpentinöl. Die Wärmecapacität (specifische Wärme) des Eisens verhält sich zu der des Wassers wie 1 : 8, die des Kupfers wie 1 : 9, die des Quecksilbers wie 1 : 33 u. s. w. Brandes III, 65 ff. Fischer, I, 196 ff. Süskind, S. 190 ff.

Das Calorimeter. Brandes III, 68 ff.

§. 48. a. Von der Verbreitung der Wärme durch Leitung (§. 47.) ist zu unterscheiden die Verbreitung derselben durch Strahlung, welche letztere darin besteht, daß die Wärme, wie das Licht, mit ungeheurer Geschwindigkeit in geraden Linien (Strahlen) von den Körpern ausströmt. Das gewöhnliche Mittel, durch welches die Wärmestrahlen zu uns gelangen, ist die Luft. Durch feste, namentlich undurchsichtige Körper, wird die Strahlung unterbrochen.

Die Luft wird, während die Wärmestrahlen durch sie hindurchgehen, wenig oder gar nicht erwärmt; daher die Kälte derselben in bedeutenden Höhen. — Durch Glasscheiben dringt die strahlende Sonnenwärme hindurch, weit weniger die strahlende Wärme eines Kohlenfeuers, am wenigsten die dunkle Wärme. (Mistbeete, Treibhäuser u. dgl.) Brandes III, 37 ff. Ofenschirme. Brettner, S. 232.

b. Wie Schallwellen (§. 46. d.) und Lichtstrahlen, so werden auch die Wärmestrahlen zurückgeworfen und zwar um so vollkommener, je heller die Farbe des zurückwerfenden Körpers und je glatter seine Oberfläche ist, am wirksamsten von Hohlspiegeln. Dunkelfarbige und rauhe Körper nehmen die Wärmestrahlen nicht nur leichter in sich auf (absorbiren sie leichter), als hellfarbige und glatte, sondern lassen sie auch leichter durch sich hindurchgehen.

Bringt man in den Brennpunkt eines Hohlspiegels (vgl. den Abschnitt vom Licht) heißes Wasser und in den Brennpunkt eines andern, diesem gerade gegenüberstehenden die Thermometerkugel, so steigt das

Quecksilber im Thermometer; ja mittelst einer glühenden Kohle kann auf diese Weise Zunder u. dgl. angezündet werden.

Franklins Versuch mit verschieden gefärbten Tuchläppchen. Poppe, S. 303. Brettner, S. 233. Brandes III, 40.

Helle Kleider schützen im Sommer mehr gegen die Hitze, im Winter mehr gegen die Kälte, als dunkle. Das Thermometer steigt mehr, wenn es an einer glatten und weißen Wand hängt, als an einer rauhen und dunkeln. Speisen bleiben wärmer in weißen und glänzenden Gefäßen. Das Wasser siedet früher in rußigen Töpfen, als in solchen, deren äußere Oberfläche blank ist. Brandes III, 39 ff. Poppe, S. 302 f.

---

## B. Von der Ausdehnung der Körper durch die Wärme.

§. 49. a. Alle Körper dehnen sich aus (nehmen einen größeren Raum ein), wenn ihre Temperatur erhöht wird, und ziehen sich zusammen, wenn sie vermindert wird.

Die erhitzte Metallkugel und der Ring; die erwärmte Hand und der Handschuh. Ein Topf, welchen man kalt kaum in den Ofen bringen konnte, läßt sich, wenn er eine Zeit lang am Feuer stand, nicht mehr heraus bringen. Das langsamere Gehen einer Uhr bei vermehrter Wärme, welches auf Verlängerung des Pendels beruht. Eine zugebundene, theilweise mit Luft gefüllte Blase dehnt sich aus, wenn sie erhitzt wird, und sinkt bei verminderter Temperatur wieder zusammen. Springbrunnen durch erhitzte Luft. Das Zerspringen eines ungleichmäßig erwärmten Glases. Brandes III, 3 f. 22 f. Poppe, S. 304 ff. Süskind, S. 178 ff.

Scheinbare Ausnahmen: Das Schwinden des Holzes, des feuchten Thons u. dgl. durch die Wärme; die Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren. Das Letztere beruht auf der Crystallisation. Poppe, S. 311 f. Brettner, S. 221. Gewalt des gefrierenden Wassers. Brandes III, 89 f. Brettner, S. 222.

b. Luftförmige Körper dehnen sich bei gleicher Vermehrung der Temperatur am stärksten aus, schwächer tropfbar flüssige, am schwächsten feste.

Bei einer Erwärmung von 0° auf 80° Reaum. dehnen sich 100000 Theilchen Luft zu 140300 aus, während sich 100000 Wassertheilchen nur

zu 104517 und 100000 Eisentheilchen gar nur zu 100123 ausdehnen. Poppe, S. 305 f. Brandes III, 9 ff. — Die Ausdehnung der Luft durch die Wärme bewirkt, daß sich dieselbe, obgleich sie an und für sich ein schlechter Wärmeleiter ist (vgl. §. 47. b.), doch sehr gut zur Verbreitung von Wärme eignet. (Heizung der Zimmer. Die Schlange auf dem Ofen.) Brettner, S. 231.

Alle Gasarten (§. 31.) dehnen sich gleich stark aus. Brandes III, 16.

c. Die Ausdehnung der luftförmigen und, wie es scheint, auch der festen Körper ist gleichförmig, d. h. sie nimmt von Wärmegrad zu Wärmegrad immer in demselben Verhältnisse zu; die der tropfbaren ist ungleichförmig, indem sie bei höheren Temperaturgraden schneller zunimmt, als bei minder hohen.

Am wenigsten ungleichförmig dehnt sich unter den tropfbaren Flüssigkeiten das Quecksilber aus. Brandes III, 11 f.

§. 50. Auf der Veränderung des Umfangs, welche die Körper durch den Einfluß der Wärme erleiden, beruhen die verschiedenen Arten von Thermometern (Wärmemessern), unter welchen die Quecksilberthermometer die gebräuchlichsten sind.

Es gibt auch Weingeist-, Luft- und Metallthermometer. Poppe, S. 313 ff. Brandes III, 15 ff. 20 f. Brettner, S. 222 f. Das Weingeistthermometer wird besonders gebraucht, um große Kältegrade zu bestimmen. Um sehr hohe Wärmegrade zu messen, hat man eigene Instrumente, die sogenannten Pyrometer (Feuermesser). Poppe, S. 326 ff. Brandes III, 18 ff. Brettner, S. 229.

b. Das gewöhnliche Thermometer besteht aus einer engen Glasröhre, die sich nach unten in eine Kugel endigt (Fig. 42). Diese Glasröhre wird bis zu einer gewissen Höhe, etwa bis a, mit Quecksilber gefüllt und, nachdem sie luftleer gemacht worden, oben zugeschmolzen, so daß sich nirgends eine Oeffnung an ihr befindet. Nimmt nun die Wärme zu, so dehnt sich das Quecksilber aus und steigt in der Röhre, nimmt sie ab, so zieht sich das Quecksilber zusammen und sinkt. Feste Puncte für eine genauere Bestimmung des Steigens und Sinkens werden dadurch gewonnen, daß man das Thermometer zuerst in schmelzenden Schnee, dann in siedendes Wasser taucht und bemerkt, bis wohin das Quecksilber im ersten Falle

sank und im zweiten Falle stieg. Hat man auf diese Weise den Gefrier- und den Siedepunct gefunden, so bringt man an dem Thermometer eine Scale an, auf welcher der zwischen den beiden Puncten befindliche Raum in gleiche Theile getheilt und ausserdem auch unter dem Gefrierpunkt eine Anzahl solcher Theile (Grade) angebracht ist. Der Gefrierpunct wird mit 0 bezeichnet, die Grade über dem Gefrierpunct mit +, die unter demselben mit —; jene heißen auch Wärme-, diese Kältegrade.

Bei der Bestimmung des Siedepuncts ist auf den Barometerstand Rücksicht zu nehmen. Brandes III, 8. Brettner, S. 224.

c. Die gebräuchlichsten Arten des Quecksilberthermometers sind: das Reaumursche, das Celsiussche und das Fahrenheitsche. Reaumur theilt den Raum zwischen dem Gefrier- und Siedepuncte in 80°, Celsius in 100°, Fahrenheit in 180°. Der Letztere hat einen künstlichen Gefrierpunct; daher ist der natürliche Gefrierpunct bei ihm mit 32 bezeichnet und sein Thermometer vom künstlichen Gefrierpunct bis zum Siedepunct in 212° getheilt.

Verwandlung der Grade einer Scale in die einer andern. Poppe, S. 322. Brettner, S. 226 ff.

---

## C. Von dem Einfluß der Wärme auf den Zusammenhang der Theile der Körper.

§. 51. a. Die Wärme dehnt die Körper nicht blos aus, sondern bewirkt auch einen völlig veränderten Zusammenhang ihrer Theile, so daß die festen Körper flüssig, die tropfbar flüssigen luftförmig werden. Dabei findet in vielen Fällen eine Auflösung der Körper in ihre verschiedenen Bestandtheile (Zersetzung) statt. Vgl. Fischer I, 180 f.

Eis, Wasser, Wasserdampf. Fester Schwefel, geschmolzener Schwefel, Schwefeldampf. — Kalk: Kalkerde, Kohlensäure. Fischer a. a. O.

b. Geht ein Körper durch den Einfluß der Wärme aus dem festen in den tropfbar flüssigen Zustand über, so sagt man, er schmelze. Manche Körper bedürfen zum Schmelzen nur einen mäßigen Wärmegrad, andere dagegen einen sehr hohen. Man unterscheidet daher leichtflüssige und strengflüssige Körper. Durch gewisse Zusätze, welche man Flüsse oder Schmelzungsmittel nennt, wird das Schmelzen mancher strengflüssigen Körper sehr erleichtert. Vgl. Poppe, S. 335 ff. Süskind, S. 203 ff.

Früher wurden manche Körper (namentlich die sogenannten einfachen Erden) für unschmelzbar gehalten; man hat aber neuerdings gelernt, eine künstliche Hitze zu erzeugen, welcher, wie es scheint, kein Körper widerstehen kann. Fischer I, 12. 215 f.

c. Die Verwandlung fester sowohl als tropfbar flüssiger Körper in luftförmige heißt Verdampfung. Sie scheint bei allen Körpern und unter allen Temperaturen stattzufinden, geht aber bei einem höheren Wärmegrade weit rascher vor sich, als bei einem niedrigen. Beim Wasser wird das langsamere Verdampfen Verdunstung genannt.

Das Verdunsten des Eises bei der strengsten Kälte. Der Geruch, den viele feste Körper verbreiten. Fischer I, 181 f.

Flüssigkeiten verdunsten nur an der Oberfläche, daher um so stärker, je größer ihre Oberfläche ist.

§. 52. a. Besonders merkwürdig ist der Einfluß der Wärme auf den Zusammenhang der Theile beim Wasser. Bei einer Temperatur von 0° bis 80° Reaum. ist es tropfbar. Erkaltet es unter 0°, so wird es fest. Wird es über 80° erhitzt, so verwandelt es sich mit großer Raschheit in Dämpfe, wobei durch aufsteigende Blasen diejenige Bewegung entsteht, welche wir das Sieden oder Kochen nennen.

Nähere Beschreibung des Siedens. Brandes III, 104 f. Süskind, S. 207 f. Zweckmäßige Einrichtung der zum Kochen bestimmten Gefäße. Brettner, S. 231. Poppe, S. 301 f.

Der Wasserdampf nimmt einen 1700 mal größern Raum ein, als die Masse Wasser, aus welcher er entsteht.

b. So lange Eis in Wasser übergeht, behält es immer die gleiche Temperatur, nämlich 0° Reaum., indem alle bei der Schmelzung thätige Wärme lediglich dazu verwendet wird, das Eis flüssig zu machen. Dieselbe Erscheinung zeigt sich beim Sieden. Siedendes Wasser nimmt (in offenen Gefäßen) nie eine höhere Temperatur, als 80° Reaum. an, indem auch hier aller dem Wasser mitgetheilte Wärmestoff zur Verwandlung desselben in Dämpfe verwendet wird.

Hierauf beruht die Bestimmung des Gefrier- und Siedepuncts beim Thermometer. Vgl. §. 50. b. — Wasser in einem papierenen Gefäße gesotten. Blei auf einem Kartenblatte geschmolzen. Poppe, S. 343. Brandes III, 184.

c. Nur bei hohem Barometerstande bedarf das Wasser, um zu sieden, einer Erhitzung auf 80°; bei niederem Barometerstande, also namentlich auf höher liegenden Puncten der Erde, tritt das Sieden schon bei einem geringeren Wärmegrade ein, weil die dasselbe veranlassenden Dämpfe einen schwachen Luftdruck leichter überwinden, als einen starken.

Der Papinische Topf. Brandes III, 105. Süskind, S. 210. Poppe, S. 344 f. — Die Champagnerflasche. Der Wasserhammer. Brandes III, 106 f. Vgl. auch §. 42.

§. 53. a. Der Anwendungen, die man von den Wasserdämpfen macht, sind mancherlei. Sie werden zum Heizen und Kochen, zum Gebläse, zu Bädern u. s. w. gebraucht (Brandes III, 119 ff. Poppe, S. 349 f.); von der größten Bedeutung aber ist ihre Anwendung zum Bewegen von Maschinen.

b. Die Wirkungen der Dampfmaschine beruhen auf der Elasticität der Dämpfe und der darauf sich gründenden großen Gewalt derselben. Die einfachste Einrichtung einer solchen Maschine, die sich übrigens sehr verschiedentlich construiren läßt, ist diese: Zwei hohle Cylinder A und B (Fig. 43.), in welchen sich drei bewegliche, genau anschliessende Kolben b, c, d befinden,

stehen durch zwei Communicationsröhren e und x mit einander in Verbindung. Der in einem eigenen Dampfkessel oder in dem Gefässe, das die Röhren umgibt (CDEF), bereitete Dampf dringt durch eine Oeffnung f zuerst in den oberen Cylinder (A) und von da durch x in den unteren (B). Hier schiebt er den Kolben gegen e zurück und bewirkt vermittelst des Ringes g und des Knopfes h, daß zu gleicher Zeit die beiden an einer Stange befestigten Kolben im oberen Cylinder gegen l sich bewegen. Nun öffnet sich die Communicationsröhre e, und der hier eindringende Dampf treibt den untern Kolben wieder vorwärts gegen x; dieser aber zieht vermittelst des Ringes g und des Knopfes i die oberen Kolben abermals nach sich (gegen m), so daß die Communicationsröhre x dem durch f eindringenden Dampfe wieder geöffnet, e dagegen verschlossen wird. Auf diese Weise wird der untere Kolben durch den bald bei e, bald bei x hereinströmenden Dampf beständig zwischen den beiden Communicationsröhren hin- und herbewegt und setzt seinerseits wieder durch die Kolbenstange dk eine Pumpe, ein Rad oder andere Maschinen in Bewegung. Der in der oberen Röhre das eine Mal zwischen bl, das andere Mal zwischen cm zurückbleibende Dampf entweicht durch Oeffnungen, welche in l und m angebracht sind; sonst müßte er die Bewegung der Kolben hemmen. Das Gefäß CDEF ist durch ein Ventil a geschlossen, damit sich der Dampf in demselben gehörig verdichten kann, ohne doch die Maschine zu zersprengen.

Dampfmaschinen mit hohem und mit niederem Druck. Brandes III, 123 ff. Berechnung der Kraft einer Dampfmaschine nach Pferdekräften. Brandes III, 128 f. Brettner, S. 241 f. Dampfschiffe, Dampfwagen. Brandes III, 130 ff.

Die Gewalt der Dämpfe durch einige Versuche im Kleinen gezeigt: Die Kempelsche Dampfmaschine, der Dampfspringbrunnen, die Dampfkanone, die Dampfkügelchen. Poppe, S. 71 f. Süskind, S. 211 f.

§. 54. a. Eine Folge der beständigen Verdunstung des auf der Erde befindlichen Wassers sind die sogenannten Wassermeteore.

b. Die atmosphärische Luft besitzt die Fähigkeit, ein gewisses Quantum Wasserdünste in Gasform in sich aufzunehmen. Diese Fähigkeit wird durch die Wärme erhöht, durch die Kälte vermindert. Erleidet daher die von Wasserdünsten bereits gesättigte Luft durch irgend eine Ursache eine Erkältung, so muß ein Theil der in derselben befindlichen Dünste wieder in den tropfbaren Zustand übergehen (sich niederschlagen als Wasser).

Es gibt eigene Instrumente, um die Feuchtigkeit der Luft zu bestimmen. Die Einrichtung dieser Instrumente, welche man Hygrometer oder Feuchtigkeitsmesser nennt, beruht theils darauf, daß die Feuchtigkeit die Körper ausdehnt, theils darauf, daß bei künstlicher Erkältung der Luft das Tropfbarwerden der in derselben befindlichen Dünste früher oder später eintritt, je nachdem sie dem Sättigungspuncte näher, oder von demselben entfernter ist. Brandes III, 142 ff. Brettner, S. 243 ff.

c. Bei einem geringeren Grade von Erkältung bilden sich aus den Wasserdünsten zunächst kleine Wasserbläschen, die noch in der Luft schwimmen. Aus solchen Wasserbläschen bestehen die Wolken und der Nebel.

Wolken und Nebel sind nicht wesentlich verschieden. Werden die Wasserdünste unmittelbar an der Oberfläche der Erde abgekühlt, so entsteht Nebel; erfolgt die Abkühlung in höheren Regionen, so bilden sich Wolken.

Die neblichten Dünste über warmem Wasser und beim Athmen in kalter Luft. Die Abendnebel über Gewässern, die noch stärker erwärmt sind, als das umgebende Festland und die durch Berührung mit diesem abgekühlte Luft. Das Rauchen der Wälder. Wolken über Inseln. Nebel nach einem Hagel. Brandes III, 155 ff.

d. Erreicht die Erkältung einen höheren Grad, so verdichten sich die Wasserbläschen und fließen in Tropfen zusammen, und es entsteht Regen.

Die Regentropfen sind um so größer, je höher sie herabfallen; daher die größten Tropfen in den Tropenländern, bei uns an heissen Sommertagen und wenn es zu regnen anfängt. Brettner, S. 253.

e. Gefrorene Wasserbläschen bilden Schnee, gefrorene Regentropfen Schloßen; frieren die Schloßen zusammen, so entsteht Hagel.

Brandes III, 88 f. 162. Brettner, S. 254 f.

f. Die Erscheinungen des Thaus und Reifs, welcher letztere nichts anderes ist, als gefrorener Thau, hängen mit der Wärmestrahlung zusammen. Sie zeigen sich da, wo die von Wasserdünsten erfüllte Luft mit Körpern in Berührung tritt, welche kälter sind, als sie. Ein Körper aber kühlt sich um so schneller ab, je mehr Wärme er ausstrahlt. Daher sind solche Körper, welche die Wärmestrahlen leicht durchlassen (vgl. §. 47. b. und 48. b.), dem Bethauen besonders ausgesetzt.

Der Thau bildet sich hauptsächlich nach Sonnenuntergang, wo die feste Erdoberfläche und namentlich gewisse Bestandtheile derselben schneller erkalten, als die Luft. Bei bewölktem Himmel thaut es in der Regel nicht, weil, wie es scheint, die Wolken die von der Erde ausgehenden Wärmestrahlen zurückwerfen und daher das schnellere Erkalten der Erdoberfläche verhindern. — Das Bethauen der Fensterscheiben, das Beschlagen der Gebäude u. s. w. Brettner, S. 251. Sicherung der Pflanzen gegen das Erfrieren in kalten Frühlingsnächten. Brandes III, 165.

§. 55. So oft ein Körper aus dem festen Zustande in den tropfbar flüssigen, oder aus diesem in den luftförmigen übergeht, verbreitet er Kälte um sich her; geht er dagegen aus dem luftförmigen Zustand in den tropfbar flüssigen, oder aus diesem in den festen über, so verbreitet er Wärme. Es findet demnach im erstern Falle ein Binden von Wärmestoff, im zweiten ein Freiwerden desselben (Verminderung der Wärmecapacität, vgl. §. 47. d.) statt.

Abkühlung des menschlichen Körpers durch verdampfendes Wasser, verdampfenden Schweiß; Besprengen der Zimmer mit Essig, Wasser u. dgl.; Sinken des Thermometers in verdampfender Naphtha; Abkühlung von Getränken, indem man über den Gefässen feuchte Erde verdampfen läßt; Kühlgefässe; über dem Feuer gefrierendes Wasser; künstliche Kälte durch Mischungen hervorgebracht. Brandes III, 85 ff. 79. 148 ff. Brettner, S. 238 f. Poppe, S. 351 f. Süskind, S. 213 f. — In dem Augenblick, in welchem das Wasser gefriert, steigt das Thermometer in der Nähe desselben; durch ein geringes Quantum Dampf, der von siedendem Wasser aufsteigt, wird eine beträchtliche Menge kalten Wassers

zum Sieden gebracht; die Erhitzung des Kalks beim Löschen. Brettner, S. 239. Fischer I, 191 f. Brandes III, 86 f.

---

## D. Vom Verbrennen.

§. 56. a. Mit dem Freiwerden von Wärme in den Körpern verbindet sich nicht selten die merkwürdige Erscheinung des Verbrennens. Dieselbe beruht darauf, daß das in der atmosphärischen Luft enthaltene Sauerstoffgas, indem es mit dem erwärmten Körper in Berührung tritt, zersetzt wird (vgl. §. 51. a.), wobei der Sauerstoff die Wärme, die ihn im luftförmigen Zustande erhielt, frei läßt und andere Verbindungen eingeht, durch welche neue Stoffe entstehen. Ist ein Körper schon im Voraus mit Sauerstoff verbunden (oxydirt), so brennt er nicht mehr.

Ein solcher oxydirter Körper ist z. B. das Wasser.

b. Brennbar im engern Sinne sind nur diejenigen Körper, welche Kohlenstoff, Wasserstoff, Phosphor, Schwefel enthalten. Im weiteren Sinne nennt man auch die Metalle brennbar.

Kohlenstoff und Wasserstoff sind Hauptbestandtheile der Pflanzen und der fettartigen Körper. Brettner, S. 317. 320. Fischer I, 215.

c. Jeder Körper bedarf, um zu verbrennen, einer bestimmten Temperatur und einer bestimmten Menge Sauerstoffs. In beiden Beziehungen findet unter den Körpern eine große Verschiedenheit statt; doch gilt allgemein das Gesetz, daß das Verbrennen um so rascher vor sich geht, je höher die Temperatur des brennenden Körpers und je größer die Menge des zuströmenden Sauerstoffs ist.

Der Phosphor verbrennt schon bei der gewöhnlichen Temperatur der Atmosphäre. Trockenes Holz, Unschlitt u. dgl. entzünden sich erst bei einem höheren Wärmegrade, bedürfen aber, um von selbst fortzubrennen, nur derjenigen Menge von Sauerstoff, welche die atmosphä-

rische Luft ihnen zuführt. Andere Körper dagegen, wie z. B. die Metalle, können nur durch einen hohen Grad künstlich erregter Hitze, oder bei geringerer Erhitzung in reinem Sauerstoffgas zum Verbrennen gebracht werden. Versuche mit Sauerstoffgas. Brandes II, 357 f. III, 174 ff. 201 f. Poppe, S. 658 f. Brettner, S. 315 f. Ungeheure Wirkungen der Knallluft (einer Mischung von Wasserstoff- und Sauerstoffgas). Fischer I, 225. Süskind, S. 380 f.

Um einen Körper zum Brennen zu bringen, bedarf es nicht nothwendig einer Flamme, an welcher man ihn anzündet. Vgl. §. 46. b.

Blasebälge; Nothwendigkeit des Luftzugs, wenn ein rasches Verbrennen erfolgen soll. Brandes III, 178.

d. Bei allen Verbrennungsprocessen im engern Sinne wird nicht allein Wärmestoff, sondern auch Lichtstoff frei. Der verbrennende feste Körper glüht, das verbrennende Gas gibt eine Flamme.

Die Flamme ist vom Glühen nicht wesentlich verschieden, sie ist glühendes Gas. Der Rauch ist unentzündetes Gas, das sich anzünden läßt. Ein brennender Körper raucht um so weniger, je vollkommener sich alle Theile desselben mit dem Sauerstoff verbinden können. Süskind. S. 409 f. Brandes III, 179.

e. Auf dem Umstande, daß das Verbrennen Licht und Wärme verbreitet, beruht die Anwendung desselben zur Erleuchtung und zum Heizen.

Lichter, Lampen, Gasbeleuchtung. Brandes III, 185 ff. Vortheilhafte Einrichtung der Oefen. Zweckmäßige Verwendung des Feuerungsmaterials. Brandes III, 178 ff.

f. Will man brennende Körper löschen, so muß man ihnen entweder die zum Brennen nöthige Wärme, oder den Zufluß des Sauerstoffgases, oder Beides zu entziehen suchen.

Jenes geschieht am wirksamsten durch flüssige Körper, die eine große Wärme zum Verdampfen erfordern, dieses durch Verschließung der Zuglöcher bei Oefen u. dgl., oder durch Eintauchen des brennenden Körpers in Wasser. Gebrauch der Feuerspritzen. Brandes III, 184.

---

## II. Vom Lichte.

§. 57. a. Licht nennen wir, was in uns die Empfindung des Sehens hervorbringt, oder mit andern Worten: was uns die Gegenstände sichtbar macht.

b. Ob es einen eigenen Lichtstoff gebe, oder ob das Sehen (ähnlich dem Hören) auf fortgepflanzten Schwingungen der leuchtenden Körper beruhe, müssen wir dahingestellt sein lassen. Für eine populäre Darstellung, wie wir sie hier versuchen, ist die Annahme eines Lichtstoffs passender.

Emanations- und Vibrations-Theorie. Brandes II, 231 ff. 244 ff.

c. Lichterzeugung findet nicht nur beim Verbrennen statt (§. 56.), sondern auch bei andern Zersetzungen, in den Körpern lebender sowohl als todter Thiere und in faulenden Pflanzen, bei electrischen und magnetischen Erscheinungen, ja in manchen Fällen durch blose Erwärmung oder Bestrahlung.

Terpentinöl mit Salpeter- und Schwefelsäure vermischt. Brandes II, 358. — Johanniswürmchen, Laternenträger, Leuchten des Meeres. Todte Seefische, faulendes Holz. Brandes II, 362 f.

Erwärmte Eierschalen, Bernstein, Flußspath. Brandes II, 359. Lichterzeugung durch Stoßen, Reiben u. dgl. Brandes II, 363 f. Poppe, S. 364 f. — Diamanten, welche den Sonnenstrahlen ausgesetzt gewesen. Bolognesischer Leuchtstein. Brandes II, 359 f.

d. Worauf das Leuchten der Fixsterne beruhe, darüber hat man nur unsichere Vermuthungen.

e. Alle Körper, die wir sehen, sind entweder ursprünglich leuchtende, oder erleuchtete.

Sonne. — Erde, Mond.

## A. Von der geradlinigen Verbreitung des Lichts.

### (Optik.)

§. 58. Das Licht verbreitet sich von den leuchtenden Körpern aus nach allen Seiten in geraden Linien.

Daher können wir durch ein gekrümmtes Rohr nichts sehen; daher suchen wir alle Körper in der Richtung, in welcher wir sie sehen, und der Wilde, der einen Gegenstand im Spiegel sieht, sucht ihn hinter dem Spiegel. Brandes II, 55 f. Wenn von Lichtstrahlen die Rede ist, so hat man eben an die geradlinige Verbreitung des Lichts zu denken, keineswegs aber sich vorzustellen, als ob das Licht in abgesonderten Strahlen von den Körpern ausströmte.

§. 59. a. Es gibt eine Menge von Körpern, welche das Licht nicht durchlassen; fallen nun auf einen solchen undurchsichtigen Körper von der einen Seite Lichtstrahlen, so muß auf der entgegengesetzten Seite desselben, wo das Licht wegen seiner geradlinigen Verbreitung nicht hingelangen kann, Schatten entstehen.

b. Die Gestalt des Schattens richtet sich nicht blos nach der Gestalt des erleuchteten Gegenstandes, sondern auch nach der Größe des leuchtenden Körpers und nach seiner Lage gegen den erleuchteten. (S. Fig. 44. 45. 46.)

Ist der leuchtende Körper nicht ein bloser Punct, oder wird ein Körper auf derselben Seite von zwei leuchtenden Puncten erleuchtet, so entsteht neben dem Hauptschatten (Kernschatten) ein sogenannter Halbschatten. (Fig. 47.) Brandes II, 56. Poppe, S. 377 f.

Sonnen- und Mondfinsternisse. Brandes II, 57. Poppe, S. 378 f.

§. 60. Je entfernter der erleuchtete Körper von dem leuchtenden ist, desto schwächer ist die Erleuchtung, und zwar nimmt die Stärke der Erleuchtung ab, wie die Quadrate der Entfernung zunehmen, so daß sie in der doppelten Entfernung 4mal, in der dreifachen 9mal schwächer ist u. s. w., als in der einfachen.

Kann man 1′ weit von einem Lichte deutlich lesen, so muß man, um dieß zu können, bei einer Entfernung von 2′ 4 Lichter haben, bei einer Entfernung von 3′ 9 Lichter u. s. w. Hiernach kann man sich einen Begriff machen von der Stärke des Lichts der Sonne, welche 21 Mill. Meilen von uns entfernt ist. Poppe, S. 371.

b. Es kommen jedoch, was den Grad der Erleuchtung betrifft, neben der Entfernung des leuchtenden Körpers auch noch andere Umstände in Betracht, namentlich der Einfallswinkel des Lichts. Je kleiner dieser ist, desto weniger Lichtstrahlen treffen die erleuchtete Ebene, und desto schwächer ist eben deßhalb die Erleuchtung. (Fig. 48. ab, ac, ad Lichtstrahlen; eg und hg erleuchtete Ebenen von gleicher Größe; afg und fhg Einfallswinkel.)

Photometer (Lichtmesser) mit Hülfe des Schattens. Brandes II, 69 f.

§. 61. a. Das Licht bewegt sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit, d. h. es durchläuft in jeder folgenden Secunde genau denselben Weg, den es in der ersten durchlief.

Das Licht eines Fixsternes kommt verhältnißmäßig in der gleichen Zeit zu uns, wie das der Venus oder des Jupiter.

b. Die Geschwindigkeit des Lichts ist fast 1 Mill. mal größer, als die des Schalls (§. 45. b.), und 1½ Mill. mal größer, als die einer Kanonenkugel. Den Weg von der Sonne bis zu uns (21 Mill. Meilen) legt ein Lichtstrahl in 8¼ Minuten zurück. Mithin durchläuft das Licht in 1 Sec. ungefähr 40,000 Meilen.

Berechnung der Geschwindigkeit des Lichts mittelst astronomischer Beobachtungen. Brandes II, 64 f.

Telegraphen. Poppe, S. 373 f.

§. 62. Den Winkel, welchen die von den Grenzen eines sichtbaren Gegenstandes nach dem Auge gezogenen Linien in diesem bilden, nennen wir Sehewinkel. Von der Größe desselben hängt die scheinbare Größe der gesehenen Gegenstände ab. Da nun der Sehewinkel immer kleiner wird, je mehr wir uns von den Gegenständen entfernen, so müssen uns diese

nothwendig um so kleiner erscheinen, je größer unsere Entfernung von ihnen ist. (Fig. 49.)

Ist der Sehwinkel allzuklein, so verschwindet der Gegenstand dem Auge. Daher sieht man in größerer Entfernung wohl noch ein ganzes Haus, aber nicht mehr die einzelnen Theile desselben: Fenster, Thüren u. dgl. Brandes II, 62. Poppe, S. 439 f.

b. Unsere Beurtheilung der scheinbaren Größe eines Gegenstandes ist jedoch nicht blos durch die Größe des Sehwinkels bedingt, sondern auch durch die Stärke der Beleuchtung, durch die Kenntniß der wahren Größe, durch die Ansicht, die wir im Voraus über die Entfernung des Gegenstandes haben, durch die Vergleichung mit andern Gegenständen und namentlich durch die Gewohnheit. Auf diese Umstände gründet sich eine Menge optischer Täuschungen.

Bei starker Beleuchtung überschätzen wir leicht die scheinbare Größe. Brandes II, 61. Weil wir die wahre Größe eines Menschen, eines Baumes, eines Hauses u. dgl. genau kennen, so erscheinen uns die Bilder dieser Gegenstände, wenn wir sie aus der Entfernung sehen, immer weit größer, als sie sind. Davon kann man sich leicht durch Anlegung eines Maßstabes überzeugen. Weil wir den Mond, wenn er aufgeht, mit entfernten irdischen Gegenständen vergleichen können, so erscheint er uns in diesem Moment größer, als wenn er hoch am Himmel steht. Sehen wir von einer Höhe herab, so erscheinen uns die Gegenstände weit kleiner, als wenn wir sie in derselben Entfernung horizontal vor uns sehen, weil wir jene Art der Betrachtung nicht gewohnt sind. Der Bewohner der Ebene weiß sich im Bergland nicht zurecht zu finden, der Bergbewohner nicht in der Ebene. Vgl. Brandes II, 60 ff. Poppe, S. 440 ff.

---

## B. Von der Zurückwerfung des Lichts.

### (Katoptrik.)

§. 63. a. Undurchsichtige Körper verschlucken entweder die Lichtstrahlen, oder sie werfen sie zurück. Die Zurückwerfung ist um so vollkommener, je regelmäßiger (glatter) die Oberfläche des reflectirenden Körpers ist.

Sichtbar werden die Körper, welche kein eigenes Licht haben, eben dadurch, daß sie Lichtstrahlen zurückwerfen. Daher sehen wir Körper, welche alle Lichtstrahlen durchlassen, (vollkommen durchsichtige) und solche, welche alle verschlucken, (vollkommen schwarze Körper) gar nicht. Bei vollkommener Zurückwerfung der Lichtstrahlen entsteht ein Bild.

b. Ein undurchsichtiger Körper mit völlig glatter Oberfläche heißt ein Spiegel. Man unterscheidet: Planspiegel (ebene Spiegel) und sphärische (krumme) Spiegel; die letzteren sind entweder concav (hohl), oder convex (erhaben).

c. Von aller Lichtzurückwerfung gelten folgende Hauptgesetze:

aa. Der Lichtstrahl geht von dem reflectirenden Körper unter demselben Winkel zurück, unter dem er auf denselben auffiel.

bb. Der zurückgeworfene Strahl bleibt in derselben, gegen die reflectirende Fläche senkrechten Ebene, in welcher er auffiel.

Zieht man nach dem Puncte, in welchem der einfallende Strahl CD (Fig. 50.) die reflectirende Fläche AB trifft, eine senkrechte Linie (das Einfallsloth) DE, so ist DF der zurückgeworfene Strahl, welcher mit CD und DE in einer Ebene liegt. Die Winkel CDE und FDE sind einander gleich; jener heißt der Einfallswinkel, dieser der Ausfallswinkel.

Fällt der einfallende Strahl mit dem Einfallsloth zusammen, so wird er in sich selbst zurückgeworfen.

§. 64. Von einem Planspiegel werden die Lichtstrahlen so zurückgeworfen, daß jeder Theil des Gegenstandes, von welchem sie kommen, im Bilde gerade so weit hinter dem Spiegel zu liegen scheint, als er sich in der Wirklichkeit vor demselben befindet. Dabei entspricht die Größe und Gestalt des (scheinbaren) Bildes genau der Größe und Gestalt des Gegenstandes. — Ist C der Gegenstand, den man im Spiegel sehen will, so ziehe man, um die Lage des Bildes zu bestimmen, die senkrechte Linie CG auf den Spiegel AB, verlängere sie, bis GH = CG ist, und man hat in H den Punct, wohin man blicken muß, um das Bild des Gegenstandes zu

sehen. Die von dem Gegenstande C auf den Spiegel fallenden Lichtstrahlen CD, Cd, cd′ u. s. w. werden nämlich unter einem dem Einfallswinkel gleichen Winkel nach F, f, f′ u. s. w. zurückgeworfen, und es ist nun offenbar, daß die zurückgeworfenen Strahlen alle aus H zu kommen scheinen.

Horizontale und schief stehende Spiegel. Spiegelnde Wasserflächen. Süskind, S. 248 f. Poppe, S. 386 f.

Metallspiegel sind den Glasspiegeln vorzuziehen, weil bei den letztern die Lichtstrahlen erst durch das Glas hindurch und dann durch dasselbe wieder zurückgehen müssen, wodurch die Deutlichkeit des Bildes nothwendig verliert, sodann weil der Glasspiegel ein doppeltes Bild gibt. Poppe, S. 391 f. Brandes II, 77 f.

Täuschungen in Beziehung auf die Lage der Bilder im ebenen Spiegel. Brandes II, 79 f.

b. Das in einem Spiegel entstandene Bild kann durch einen oder mehrere andere Spiegel wieder reflectirt und so vervielfältigt werden. Diese Vervielfältigung würde bei parallelen Spiegeln in's Unendliche gehen, wenn nicht die Bilder mit jeder Reflexion schwächer würden; bei Winkelspiegeln dagegen hat sie ihre bestimmte Grenze, welche sich nach der Größe des Winkels richtet, unter welchem die Spiegel gegen einander geneigt sind.

Spiegelzimmer. Caleidoscop. Brandes II, 78 f. Süskind, S. 239. f. Poppe, S. 387 f.

§. 65. Bei sphärischen Spiegeln wird die Lage der Bilder dadurch gefunden, daß man an jeden reflectirenden Punct eine Berührungsebene legt und auf diese sodann das Einfallsloth fällt. Ist der Spiegel, wie im Folgenden überall vorausgesetzt wird, ein Kugelabschnitt, so fällt das Einfallsloth immer mit dem nach dem reflectirenden Puncte gezogenen Halbmesser der Kugel, von welcher der Spiegel einen Abschnitt bildet, oder (beim Converspiegel) mit der Verlängerung desselben zusammen.

§. 66. Von einem Concavspiegel werden alle nahe bei seiner Axe einfallenden, mit dieser parallelen Lichtstrahlen

so zurückgeworfen, daß sie die Axe in einem Puncte schneiden. Dieser Punct heißt der Brennpunct des Spiegels. Sind die Strahlen zwar der Axe parallel, aber weiter von ihr entfernt, so schneiden sie dieselbe näher beim Spiegel.

Unter der Axe eines sphärischen Spiegels wird die gerade Linie verstanden, welche man sich durch den Mittelpunct der Kugel, von welcher der Spiegel ein Stück ist, (geometrischen Mittelpunct), und durch den Mittelpunct des Spiegels selbst (optischen Mittelpunct) gezogen denkt. Der Brennpunct liegt so ziemlich in der Mitte zwischen dem geometrischen und optischen Mittelpunct. (S. Fig. 51. AB Spiegel; CD Axe; C geometrischer Mittelpunct; D optischer Mittelpunct; E Brennpunct; xz Lichtstrahlen.) Die Entfernung des Brennpuncts vom optischen Mittelpuncte heißt die Brennweite.

Brennspiegel. Brandes III, 34 f. Vorzug der parabolischen Brennspiegel vor den Kugelspiegeln. Poppe, S. 394 f.

b. Das Bild eines Gegenstandes, welcher zwischen dem Brennpuncte und dem optischen Mittelpuncte eines Concavspiegels liegt, erscheint in derselben Lage vergrößert hinter dem Spiegel.

DE (Fig. 52.) sei der innerhalb der Brennweite befindliche Gegenstand, so werden die aus D kommenden Strahlen so zurückgeworfen, als ob sie aus d kämen, die aus E kommenden so, als ob sie von e ausgingen. Das Auge sieht also den Gegenstand in de und zwar vergrößert. Dx und Ex einfallende Lichtstrahlen; Cx Einfallslothe; xz reflectirende Lichtstrahlen, welche aus d und e zu kommen scheinen.

c. Liegt der Gegenstand im Brennpuncte selbst, so entsteht gar kein Bild, weil hier alle Lichtstrahlen parallel zurückgeworfen werden, mithin keine Vereinigung derselben stattfindet. (Fig. 53.)

d. Befindet sich der Gegenstand jenseits des Brennpuncts, so kreuzen sich die zurückgeworfenen Strahlen vor dem Spiegel und es entsteht ein wirkliches, aber verkehrtes Bild des Gegenstandes, welches größer ist, als der Gegenstand, wenn dieser zwischen dem Brennpunct und geometrischen Mittelpunct liegt, gleich groß, wenn er im geometrischen Mittelpunct sich

befindet, aber kleiner und immer kleiner wird, wenn er über denselben hinaus rückt. (Fig. 54.)

Luftbilder; Geistererscheinungen. Brandes II, 88. Poppe, S. 398. 402 ff.

§. 67. Der Convexspiegel zerstreut die parallel mit seiner Axe auffallenden Lichtstrahlen dergestalt, daß sie, rückwärts verlängert, die Axe hinter dem Spiegel schneiden. Den Punct, in welchem sie hier zusammentreffen, nennt man den Zerstreuungspunct oder negativen Brennpunct. (Fig. 55.)

b. Von allen Gegenständen erscheinen im Convexspiegel aufrechte, verkleinerte Bilder, und zwar um so kleinere, je kleiner die Kugel ist, von welcher der Spiegel ein Stück ausmacht, und je entfernter der Gegenstand vom Spiegel ist. (Fig. 56.)

---

## C. Von der Brechung des Lichts.

### (Dioptrik.)

§. 68. a. Wenn ein Lichtstrahl aus einem durchsichtigem Stoffe in den andern so übergeht, daß er senkrecht auf den letztern fällt, so geht er auch hier in gerader Linie fort; aber nicht so, wenn er schief auffällt. Im letzteren Falle gilt folgendes Gesetz: Geht der Lichtstrahl aus einem dünnern in einen dichtern Körper über, so wird er gegen das Einfallsloth hin gebrochen; geht er aus einem dichtern in einen dünnern über, so wird er von dem Einfallsloth hinweg gebrochen; Beides jedoch so, daß der gebrochene Strahl mit dem einfallenden Strahle und dem Einfallslothe in der gleichen Ebene bleibt.

Es sei a (Fig. 57.) ein leuchtender Punct, bc die Grenze der beiden Stoffe, df das Einfallsloth und e der Einfallspunct, so nimmt der Lichtstrahl ae, welcher, im gleichen Stoffe fortgehend, die Richtung

eg verfolgen würde, wenn er vom dichteren in den dünnern Stoff übergeht, die Richtung eh, geht er dagegen vom dünneren in den dichteren über, die Richtung ei.

Hieraus ergibt sich unter Anderem, daß, wenn wir schief in's Wasser sehen, ein unter dem Wasser befindlicher Gegenstand uns anderswo zu liegen scheinen muß, als wo er wirklich liegt. Befindet sich unser Auge in o (Fig. 58.), so sehen wir einen in dem Gefässe bcde unter dem Wasser liegenden Gegenstand a in seiner wahren Lage, befindet es sich aber in o', so scheint er uns in h zu liegen, weil der Lichtstrahl ai eine Brechung nach o' erleidet und wir nun den Gegenstand, von welchem der Lichtstrahl ausgeht, in der Richtung der Linie o'i suchen. Auf diese Weise kann man einen auf dem Boden eines undurchsichtigen Gefässes liegenden Gegenstand, der zuvor von einer gewissen Stelle aus unsichtbar war, sehen, sobald man Wasser in das Gefäß gießt. Ein Stab, den man in's Wasser hält, erscheint abgebrochen. Vgl. Brandes II, 103 f. Poppe, S. 407 ff.

d. Je spitziger der Winkel ist, unter welchem ein Lichtstrahl auf die Grenze der beiden Stoffe auffällt, desto stärker wird er gebrochen. Soll nun ein sehr schief auffallender Lichtstrahl aus dem dichteren Stoffe in den dünneren übergehen, so kann er dergestalt von dem Einfallslothe hinweggebrochen werden, daß er aus dem dichteren Stoffe gar nicht herauskommt und sich die Brechung in Zurückwerfung verwandelt.

bc (Fig. 59.) sei die Grenze der beiden Stoffe und ae ein auf dieselbe fallender Lichtstrahl; wird nun dieser bei e so weit von dem Einfallslothe df hinweggebrochen, daß er die Richtung eg erhält, so sieht man ein Bild des leuchtenden Punctes a in a'.

Luftspiegelung, (Fata morgana). Brandes II, 172 ff. Mehrere prismatische Erscheinungen. Brandes II, 113 ff.

c. Geht ein Lichtstrahl durch einen durchsichtigen Körper mit parallelen Seiten, so wird er bei seinem Eintritt und Austritt nach entgegengesetzten Richtungen gebrochen und erscheint daher in den meisten Fällen ungebrochen. Sind dagegen die Seiten des brechenden Körpers nicht parallel, so wird der Lichtstrahl sowohl bei seinem Eintritt als bei seinem Austritt nach dem dickeren Theile hin gebrochen.

In einem dreiseitigen Glasprisma, dessen senkrechten Durchschnitt das Dreieck ABC (Fig. 60.) darstellt, wird der Lichtstrahl Dl

bei seinem Eintritt gegen das Einfallsloth ek hin gebrochen nach y, bei seinem Austritt aber von dem Einfallslothe nm weg nach o. Ein in o befindliches Auge sieht daher den Gegenstand D tiefer, als er wirklich liegt, in d. Sind es größere Gegenstände, die man auf diese Weise, nämlich indem man den die brechenden Flächen begrenzenden Winkel (den brechenden Winkel) nach unten und das Prisma wagrecht vor das Auge hält, betrachtet, so erscheinen alle wagrechte Linien an denselben als Bogen, deren convexe Seite nach oben gekehrt ist. Der Grund hievon liegt darin, daß die Lichtstrahlen in um so spitzigeren Winkeln auf die brechenden Flächen fallen, je mehr die leuchtenden Puncte seitwärts von dem Prisma gelegen sind. (Vgl. das unter b. Gesagte und Fig. 61.) Gibt man dem Prisma eine andere Lage, so zeigen sich natürlich auch andere Erscheinungen. Brandes II, 107 ff. Brettner, S. 179 f.

d. Da die Luftschichten von oben nach unten an Dichtigkeit zunehmen (§. 32.), so muß der schief durch dieselben hindurchgehende Lichtstrahl in jeder Schichte eine kleine Brechung erleiden. Kommt er von oben, so wird er gegen das Einfallsloth hin gebrochen; daher erscheinen uns die Gestirne, besonders die nahe am Horizont befindlichen, immer etwas höher stehend, als sie uns erscheinen würden, wenn keine Atmosphäre da wäre; auch beschleunigt die Strahlenbrechung den Aufgang der Sonne und verzögert ihren Untergang. Brandes II, 160 f.

§. 69. a. Zur Brechung des Lichts für besondere Zwecke bedient man sich hauptsächlich der Linsengläser, welche theils Convexlinsen, theils Concavlinsen sind. Die Convexlinsen sind immer in der Mitte dicker, als am Rande, und mindestens auf einer Seite kugelförmig erhaben; die Concavlinsen immer in der Mitte dünner, als am Rande, und wenigstens auf einer Seite kugelförmig vertieft. Im Folgenden werden nur die doppelt erhabenen und doppelt vertieften Linsen, als die wichtigsten, näher betrachtet; nur an jene darf man daher denken, wenn von Convexlinsen, nur an diese, wenn von Concavlinsen die Rede ist. Uebrigens sind die Erscheinungen, welche die Linsengläser darbieten, einerseits bei allen Convexlinsen und andrerseits bei allen Concavlinsen in der Hauptsache dieselben.

b. Da jede Seite einer Linse, sei sie Convex- oder Concavlinse, als ein Kugelabschnitt zu betrachten ist, so gilt, was oben bei den sphärischen Spiegeln in Beziehung auf die Axe (§. 66.) und die Einfallslothe (§. 65.) gesagt worden ist, auch bei den Linsen.

c. Durch alle Arten von Linsen geht ein in der Axe auffallender Strahl ungebrochen hindurch, weil er senkrecht auffällt. (Vgl. §. 68. a.)

§. 70. a. Die mit der Axe parallel auffallenden Strahlen werden in der Convexlinse so gebrochen, daß sie hinter der Linse in einem Punkte, welcher der Brennpunct heißt, die Axe schneiden.

S. Fig. 62, wo AB der senkrechte Durchschnitt einer Convexlinse, C und c die Mittelpuncte der Kugeln, von welchen die beiden Seiten der Linse Abschnitte bilden, xy die parallel mit der Axe auffallenden Lichtstrahlen, welche zuerst nach den Einfallslothen cw und cz hin, dann von den Einfallslothen Cd und Ce weg gebrochen werden und so in D zusammentreffen.

Die Convexlinsen als Brenngläser. Poppe, S. 417. Fischer II, 200 f.

b. Liegt ein leuchtender Gegenstand zwischen dem Brennpuncte einer Convexlinse und der Linse selbst, so erscheint er vergrößert vor der Linse (d. h. auf der Seite des Gegenstandes selbst), und die Vergrößerung ist um so stärker, je näher der Gegenstand dem Brennpuncte rückt.

Die aus D (Fig. 63.) kommenden Lichtstrahlen werden so gebrochen, als ob sie aus d kämen; und ebenso scheinen die von E kommenden Strahlen in Folge der Brechung von e auszugehen.

c. Liegt der Gegenstand im Brennpuncte, so entsteht gar kein Bild, weil in diesem Falle alle Strahlen durch die Brechung parallel werden, also nirgends eine Vereinigung derselben zu Stande kommt. (Vgl. Fig. 62.)

d. Liegt der Gegenstand jenseits des Brennpuncts, so entsteht hinter der Linse ein wirkliches, aber umgekehrtes

Bild, das um so größer ist, je näher der Gegenstand dem Brennpuncte gebracht wird. (Fig. 64.)

e) Eine Converlinse ist Hauptbestandtheil unseres Auges. Durch sie sehen wir alle Gegenstände verkehrt.

Bestandtheile des Auges: Die durchsichtige und die undurchsichtige Hornhaut, die Iris, die Adernhaut, die Pupille, die wässerige Feuchtigkeit, die Linse, die Glasfeuchtigkeit, die Netzhaut. — Durch die Linse dringen die Lichtstrahlen gebrochen in das Innere des Auges und fallen auf die Netzhaut (den Sehnerven), auf welcher sich sodann die leuchtenden Gegenstände im Bilde darstellen. Brandes II, 124 ff. Poppe, S. 427 ff.

Das Einfachsehen mit zwei Augen. Brandes II, 129. — Kurzsichtigkeit, Weitsichtigkeit. Brandes, II, 131 ff. Poppe, S. 429 ff. Süskind, S. 273 ff.

§. 71. a. Während durch die Converlinse jeder Lichtstrahl gegen die Are hin gebrochen wird, so wird er dagegen durch die Brechung mittelst der Concavlinse unter allen Umständen von der Are entfernt, so daß er dieselbe hinter der Linse entweder gar nicht oder doch in einem entfernteren Puncte schneidet, als er sie ungebrochen geschnitten haben würde.

b. Lichtstrahlen, welche parallel mit der Are auffallen, werden in der Concavlinse so gebrochen, daß sie die Are in einem Puncte vor der Linse zu schneiden scheinen. Dieser Punct wird der negative Brennpunct oder Zerstreuungspunct genannt. (Fig. 65.)

c. Alle Gegenstände, welche man durch eine Concavlinse betrachtet, stellen sich verkleinert und aufrecht vor der Linse dar. (Fig. 66.)

d. Die Bilder sehr entfernter Gegenstände haben sowohl bei den Concav- als bei den Converlinsen ihre Stelle allezeit im Brennpuncte.

§. 72. Die Linsengläser, namentlich die Converlinsen, finden hauptsächlich bei den verschiedenen optischen Instrumenten ihre Anwendung.

a. Als Brillengläser werden sowohl Concav- als Convexlinsen gebraucht, jene, wenn die Augenlinse zu weit von der Netzhaut entfernt, diese, wenn sie zu nahe bei derselben ist. (Poppe, S. 428 ff. Brandes II, 131 ff.)

b. Das einfache Microscop besteht aus einer einzigen Convexlinse mit sehr kurzer Brennweite, das zusammengesetzte aus zweien, welche so gegen einander gestellt sind, daß das hinter der ersten, dem Gegenstande zugekehrten Linse (dem Objectivglase) entstehende vergrößerte Bild in die Brennweite der zweiten Linse (des Augenglases, Oculars) fällt und so durch diese noch einmal vergrößert wird. (Brandes II, 133 ff. Poppe, S. 462 f.)

c. Die gewöhnliche Fernröhre (Erdfernröhre) ist meistens aus vier Convexlinsen, nämlich einem Objectivglase und drei Augengläsern, zusammengesetzt. Das Objectivglas bringt ein verkehrtes Bild innerhalb der Brennweite des ersten Ocularglases hervor; dieses und das zweite Ocularglas kehren das Bild um, so daß es in der Brennweite des dritten aufrecht und vergrößert erscheint. (Brettner, S. 213 f. Brandes II, 152 f. Fischer II, 219 ff.)

d. Die Hauptbestandtheile der dunkeln Kammer (Camera obscura) sind ein schief stehender Planspiegel, in welchem entfernte Gegenstände sich abspiegeln, und eine unter demselben wagrecht angebrachte Convexlinse, welche das vom Spiegel reflectirte Bild auffängt und auf den Boden eines dunkeln Kastens oder Zimmers wirft, der von der Linse gerade um ihre Brennweite entfernt ist. (Vgl. §. 71. d. Brettner, S. 215. Fischer II, 206 f. Süskind, 298 ff.)

e. Im optischen Kasten (Guckkasten) werden Abbildungen von Landschaften u. dgl. wagrecht und in Beziehung auf den Beschauer verkehrt unter einen schief stehenden Planspiegel gelegt, in welchem sie sich sodann aufrecht und, indem man sie durch eine Convexlinse betrachtet, vergrößert darstellen.

f. Die Zauberlaterne (Laterna magica) enthält einen Concavspiegel, zwei Convexlinsen und eine Lampe. Die

Lampe wirft mittelst des Spiegels ein starkes Licht auf den zwischen dem Lichte und der ersten Linse, in der Brennweite der Letztern, stehenden Gegenstand, von welchem, da die beiden Gläser ziemlich nahe beisammen stehen, ohne daß doch die Brennweite des zweiten bis zum Gegenstande reichte, ein verkehrtes und vergrößertes Bild hinter der zweiten Linse entsteht. (Poppe, S. 463 ff. Süskind, S. 316 f. Fischer, S. 209 f.)

## D. Von den Farben.

§. 73. a. Die Farbe ist nichts an den Körpern selbst Befindliches, sondern haftet am Lichte, wie sich schon daraus ergibt, daß derselbe Körper bei verschiedenem Lichte verschiedene Farben annimmt.

Hieher gehört auch, daß die Bilder einer Laterna magica an der Wand gefärbt erscheinen.

b. Fast jede Lichtbrechung ist mit einer Farbenerscheinung verbunden. Am merkwürdigsten sind die Farbenerscheinungen, welche das Prisma bewirkt. Läßt man in ein völlig dunkles Zimmer durch eine kleine Oeffnung in einem Fensterladen Sonnenstrahlen fallen, so zeigt sich an der gegenüberliegenden Wand ein rundes, weißes Sonnenbild. Werden nun die Sonnenstrahlen zwischen der Oeffnung und der Wand durch ein Prisma gebrochen, so rückt das Bild nicht nur an der Wand in die Höhe, sondern erscheint auch gefärbt und in die Länge gezogen, ungefähr wie Fig. 67. Die Farben aber, welche man an demselben wahrnimmt, sind von unten nach oben: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violett. Die Lage des Bildes verändert sich, wenn man die bereits gebrochenen Strahlen durch ein zweites Prisma gehen läßt, die Farben aber bleiben dieselben. Fängt man dagegen das prismatische Sonnenbild in einer Converlinse auf, so erscheint es hinter der Linse wieder rund und weiß.

Man vergleiche, was das Letztere betrifft, die Farbenspindel. Poppe, S. 423 f.

c. Bei näherer Untersuchung zeigt sich das prismatische Sonnenbild aus sechs verschiedenfarbigen Kreisen (sechs Sonnenbildern) zusammengesetzt, welche, indem sie einander theilweise decken, die herrlichen Uebergänge der Farben in einander bewirken, die wir an dem Bilde bewundern. Wird das Bild nahe hinter dem Prisma aufgefangen, wo die gebrochenen Strahlen noch näher beisammen sind, so decken sich in der Mitte des Bildes alle Kreise (Fig. 68.), und das Bild erscheint nur oben und unten gefärbt, in der Mitte hingegen weiß. Brandes II, 170 ff. Fischer II, 238. 243.

d. Aus den unter b. und c. erwähnten Erscheinungen schließt man mit Recht Folgendes:

aa. Das Sonnenlicht besteht aus Strahlen von verschiedenen Farben, welche verbunden im Auge den Eindruck des Weißen hervorbringen.

bb. Wo immer diese Farben in demselben Verhältnisse gemischt vorkommen, wie im Sonnenlichte, da müssen sie weiß erscheinen.

Daß die Farben des Regenbogens, wenn man sie mit dem Pinsel mischt, nicht auch Weiß geben, ist nur eine scheinbare Ausnahme von dieser Regel; denn einmal sind die Farben, deren man sich zum Malen bedient, nie ganz rein, und dann wirken dieselben bei ihrer Vermischung chemisch auf einander. Vgl. übrigens Fischer II, 263.

cc. Die verschiedenfarbigen Lichtstrahlen haben ein verschiedenes Brechungsverhältniß. Am wenigsten brechbar sind die rothen, am brechbarsten die violetten.

Genaue Bestimmung des Brechungsverhältnisses. Brandes II, 177 ff.

§. 74. a. Auf ähnliche Weise, wie gegen die Brechung, verhält sich das Sonnenlicht gegen die Zurückwerfung. Gewisse Körper werfen alle Lichtstrahlen zurück: diese sind weiß. Andere verschlucken alle Lichtstrahlen: diese sind schwarz. Noch

andere werfen nur eine Art von Lichtstrahlen, z. B. die rothen, die gelben u. s. w. zurück und verschlucken die übrigen: diese erscheinen dann roth, gelb u. s. w.

Im Lichte einer Weingeistflamme, deren Docht mit Salz eingerieben ist, erscheinen alle Gegenstände farblos, mit Ausnahme der gelben, d. h. derer, welche die Fähigkeit haben, gelbes Licht zu reflectiren, weil eine solche Flamme, wie die Brechung im Prisma zeigt, blos gelbes Licht, mit ein wenig violettem vermischt, aussendet. Brandes II, 172.

b. Auch manche durchsichtige Körper reflectiren einen Theil der auf sie fallenden Lichtstrahlen. Unter ihnen gibt es einige, welche (wie z. B. gelbes Glas) dieselbe Art von Strahlen, die sie durchlassen, auch zurückwerfen, während bei andern (z. B. dem weißen Beinglas, der atmosphärischen Luft) die durchgelassenen und die zurückgeworfenen Strahlen von verschiedener Farbe sind. Brandes II, 218 ff.

§. 75. a. Man unterscheidet drei Grundfarben: Roth, Gelb und Blau, aus deren Mischung nach verschiedenen Verhältnissen alle übrigen Farben entstehen. Zunächst gibt: Roth und Gelb — Orange; Gelb und Blau — Grün; Blau und Roth — Violett.

b. Ordnet man die Grundfarben und die aus ihnen zusammengesetzten Hauptfarben so, daß immer eine der letztern zwischen die zwei Grundfarben zu stehen kommt, aus welchen sie zusammengesetzt ist, so erhält man den sogenannten Farbenkreis (Fig. 69.). Jede in diesem Kreise einer andern gegenüberstehende Farbe nennt man ihre Ergänzungsfarbe oder auch die von ihr geforderte Farbe. Jenes, weil dem Gelb zum Weiß das Roth, dem Blau zum Weiß das Orange u. s. w. fehlt. Dieses, weil zwei entgegengesetzte Farben immer einen angenehmern Eindruck hervorbringen, als zwei näher zusammenliegende, und sich daher gegenseitig fordern, um das Auge zu befriedigen.

c. Eine große Rolle spielen die Ergänzungsfarben bei den sogenannten subjectiven Farbenerscheinungen, welche größtentheils auf einem Ueberreize des Auges beruhen.

Sieht man längere Zeit auf einen Gegenstand von grellem Roth und dann auf ein daneben befindliches Weiß, so erscheint das Letztere grün, weil das Auge für die rothen Strahlen abgestumpft ist und nun nur noch die von dem Weiß ausgehenden blauen und gelben Strahlen sieht. Auf ähnliche Weise erscheint das Weiß blau, wenn der Gegenstand orange, und roth, wenn er grün war. Brandes II, 225 ff.

§. 76. Die sogenannten Lichtmeteore, welche meist mit Farbenerscheinungen verbunden sind, sind zum Theil, wie die Nebensonnen und Nebenmonde, die Höfe um Sonne und Mond, noch nicht befriedigend erklärt, zum Theil beruhen sie auf der Brechung oder Zurückwerfung der Lichtstrahlen, oder auf Beidem zugleich.

a. Wasserdünste werfen alle Arten von Lichtstrahlen zurück und lassen alle durch. Die reine Luft dagegen läßt nur die gelben und rothen durch und wirft die blauen zurück. Je zahlreicher und dichter die Luftschichten sind, durch welche die Sonnenstrahlen hindurchgehen, desto mehr blaue Strahlen gehen durch Zurückwerfung verloren, und desto unvermischter gelangen die rothen und gelben hindurch. Hieraus erklärt sich das Blau des Himmels und die Abendröthe. Der Himmel ist um so dunkler blau, je weniger Dünste in der Luft sind, oder je weniger die Luft dicht genug ist, um noch viel Licht zu reflectiren. Beim Untergang der Sonne gelangen die Sonnenstrahlen (nicht reflectirt, sondern nur gebrochen) durch viele dichte Luftschichten zu unsrem Auge; daher die Orangefarbe des Abendhimmels, welche um so mehr in Gelb und zuletzt in Weißgelb übergeht, je mehr die Luft mit Dünsten erfüllt ist. Brandes II, 221 f.

b. Die Dämmerung beruht auf der Zurückwerfung der Sonnenstrahlen durch die oberen Luftschichten, welche schon erleuchtet sind, ehe die Sonne über unserem Horizonte erscheint, und zu welchen noch Strahlen gelangen, nachdem die Sonne für uns bereits untergegangen ist.

c. Der Regenbogen entsteht durch Brechung und Zurückwerfung des Lichts in den Regentropfen. Uebrigens ist

die Theorie desselben zu verwickelt, als daß sie sich für den populären Vortrag eignete.

## III. Von der Electricität.

§. 77. a. Durch Einwirkungen der verschiedensten Art können, wie es scheint, alle Körper der Erde in einen Zustand versetzt werden, in welchem sie andere (insbesondere leichte) Körper anziehen und dann wieder abstoßen; wenn sie berührt werden, Funken von sich geben, und im Dunkeln leuchten. Diesen Zustand nennt man den Zustand der Electricität und die Erscheinungen, welche auf ihm beruhen, electrische Erscheinungen.

Erregung der Electricität durch Reibung und Berührung, durch Erwärmung (im Schwefel, Turmalin, Topas, in seidenen Kleidern), durch Veränderung des Zusammenhangs der Theile eines Körpers (im Siegellack, in der Chocolade, bei der Verdunstung des Wassers [?]), durch chemische Processe (beim Auflösen der Metalle in Säuren, beim Crystallisiren der Salze, durch den thierischen Lebensproceß in Katzen, Menschen u. s. w.). Brandes III, 322 ff. Brettner, S. 272.

b. Als unmittelbare Ursache der electrischen Erscheinungen betrachtet man eine Störung des Gleichgewichts der electrischen Materie, die man sich über die ganze Erde verbreitet denkt.

c. Um auf künstliche Weise das electrische Gleichgewicht aufzuheben und electrische Erscheinungen hervorzurufen, bedient man sich vorzugsweise der Reibung verschiedener Körper an einander und der Berührung ungleicher Metalle.

## A. Von der Reibungselectricität oder der Electricität im engeren Sinne.

§. 78. Die Bedingungen, unter welchen durch Reiben electrische Erscheinungen hervorgerufen werden, sind bei verschiedenen Körpern sehr verschieden; doch lassen sich in dieser Beziehung zwei Hauptclassen von Körpern deutlich unterscheiden. Während nämlich in den einen (den sogenannten electrischen Körpern), wenn sie nur trocken sind, unter allen Umständen durch Reiben Electricität erregt wird, so zeigen die andern (die sog. unelectrischen Körper) in Folge des Reibens nur dann electrische Erscheinungen, wenn sie durch Körper der ersten Art von der übrigen Körperwelt abgesondert sind. Der Grund hievon liegt darin, daß die unelectrischen Körper die in ihnen erregte Electricität sogleich andern Körpern mittheilen, die electrischen dagegen sie eine Zeit lang festhalten, oder doch nur an denjenigen Stellen sogleich verlieren, wo sie von unelectrischen berührt werden. Ausserdem haben die unelectrischen Körper die Eigenschaft, fremde Electricität schnell aufzunehmen, über ihre ganze Oberfläche zu verbreiten und weiter zu leiten, während die electrischen nur langsam fremde Electricität aufnehmen und sie von der Stelle aus, welcher dieselbe unmittelbar mitgetheilt worden ist, ebenfalls sehr langsam weiter verbreiten. Man nennt daher jene auch Leiter, diese Nichtleiter. Ein blos mit Nichtleitern in Berührung stehender Leiter heißt isolirt.

Die besten Leiter sind: Metalle, Kohle, Wasser und wasserhaltige Körper; die besten Nichtleiter: Glas, Harz, Schwefel, Seide, Haare, trockene Luft. Wäre die Luft ein Leiter, so wüßten wir nichts von der Electricität. Bei feuchter Luft gelingen die electrischen Versuche schlecht.

Der Isolirstuhl. Poppe, S. 477. Verschiedene Arten zu isoliren. Brettner, S. 273.

§. 79. Unter den durch Reibung hervorgebrachten electrischen Erscheinungen sind folgende die wichtigsten.

a. Nähert man einen nichtelectrisirten Körper einem electrisirten, so wird er von diesem zuerst angezogen, dann aber, vorausgesetzt, daß er isolirt ist, wieder abgestoßen. Die gleiche Abstoßung, jedoch ohne vorangegangene Anziehung, erfolgt, wenn man einander zwei Körperchen nahe bringt, denen von einem und demselben Körper Electricität mitgetheilt worden ist. Ist dagegen das eine Körperchen an einer mit Seide geriebenen Glasröhre, das andere an einer mit Wolle geriebenen Siegellackstange electrisch gemacht, so ziehen sie einander an. Man nimmt daher mit Recht zwei verschiedene Electricitäten an, von welchen man die eine positive (+ E), die andere negative (— E) Electricität nennt, und von welchen als erstes Gesetz dieses gilt: gleichnamige Electricitäten (+ E und + E, — E und — E) stoßen einander ab, ungleichnamige (+ E und — E) ziehen einander an.

Positiv pflegt man diejenige Electricität zu nennen, welche sich im Glas entwickelt, wenn man es mit Seide reibt, negativ diejenige, welche im Siegellack, überhaupt im Harz erregt wird, wenn man es mit Pelz oder Wolle reibt. (Glaselectricität, Harzelectricität.) Mit dem gleichen Rechte jedoch könnte man auch jene negativ und diese positiv nennen.

Versuche mit Federchen, Kügelchen von Hollundermark u. dgl., um das Anziehen und Abstoßen zu zeigen. Brandes III, 207 ff. Brettner, S. 274.

Auf dem gegenseitigen sich Abstoßen gleichnamiger Electricitäten beruht die Einrichtung der sogenannten Electroscope oder Electricitätszeiger und Electrometer oder Electricitätsmesser. Brandes III, 213 ff.

b. Werden zwei electrische Körper an einander gerieben, so entwickelt sich immer in dem einen + E, in dem andern — E. Brandes III, 222 ff. 233 ff.

c. Verbinden sich ungleichnamige Electricitäten von gleicher Stärke mit einander, so heben sie sich gegenseitig auf und zeigen keine Wirkung mehr. Das electrische Gleichgewicht (§. 77. b.) ist dann hergestellt.

Hierauf gründet sich die Benennung + E und — E, welche der Mathematik entnommen ist, der zufolge positive und negative Größen (Gewinn und Verlust), wenn sie gleich sind, einander aufheben.

d. Nicht blos durch Mittheilung, welche theils bei unmittelbarer Berührung, theils mittelst überspringender Funken erfolgt, sondern auch durch Vertheilung wird in nicht-electrisirten Körpern, die man electrisirten nahe bringt, Electricität erregt. Die Entfernung, innerhalb welcher dieß geschieht, heißt der Wirkungskreis oder die Atmosphäre des electrisirten Körpers, und das hier geltende Gesetz ist dieses, daß jede Electricität in ihrem Wirkungskreise die entgegengesetzte hervorruft.

Näher verhält es sich mit der Vertheilung folgendermaßen: Bringt man einen isolirten Leiter mit seinem einen Ende in den Wirkungskreis eines electrisirten Körpers (A), jedoch so, daß von diesem noch keine Electricität auf ihn übergehen kann, so wird er auf der demselben zugekehrten Seite (B) ungleichnamig, auf der entgegengesetzten (C) gleichnamig electrisch. Die in A erregte Electricität zieht nämlich die im Leiter gebunden enthaltene ungleichnamige Electricität an, während sie die gleichnamige abstößt, und bewirkt so eine Trennung der entgegengesetzten Electricitäten im Leiter und Anhäufung der einen bei B, der andern bei C. Diese Trennung dauert jedoch nur so lange, als sich B im Wirkungsreise von A befindet. Bei weiterer Entfernung des Leiters vereinigen sich die entgegengesetzten Electricitäten in demselben wieder und er zeigt keine electrischen Wirkungen mehr. Anders gestaltet sich die Sache, wenn C durch einen zweiten Leiter mit der Erde in Verbindung gesetzt ist, so daß die dort angehäufte Electricität entweichen kann. Sobald nämlich dieß geschehen ist und die Verbindung mit der Erde aufgehoben wird, zeigt der Leiter, wenn er aus dem electrischen Wirkungskreise von A weggenommen wird, —E oder +E, je nachdem A positiv oder negativ electrisch ist; denn dann ist nur die eine der entgegengesetzten Electricitäten in dem Leiter zurückgeblieben. (Versuche zur Bestätigung dieser Sätze s. m. bei Brandes III, 244 ff.) — In einem nicht isolirten Leiter, den man einem electrisirten Körper nähert, wird bei B die der Electricität des Letztern entgegengesetzte Electricität hervorgerufen, während die gleichnamige entweicht. Entfernt man einen solchen Leiter aus dem electrischen Wirkungskreise, so zeigt er keine Spur von Electricität mehr, weil sich dann die zurückgebliebene und die entwichene Electricität sogleich wieder mit einander vereinigen. — An Nichtleitern bilden sich durch Vertheilung abwechselnde Zonen von +E und —E, in welchen die Electricität immer schwächer wird, je weiter sie von A entfernt sind. Auch hier erscheint, wenn A

positiv electrisch ist, bei B — E, wenn es negativ electrisch ist, + E; C aber zeigt gar keine Electricität.

Wird B dem electrisirten Körper näher gebracht, als es zur blosen Vertheilung nothwendig ist, so verwandelt sich die Vertheilung zuletzt in Mittheilung, d. h. ein Theil der Electricität von A, die wir uns als + E denken wollen, geht auf B über, während die in B angehäufte — E von A aufgenommen wird und entweder hier mit der + E sich ausgleicht, oder, wenn die Reibung fortdauert, von dem geriebenen Körper auf den reibenden übergeht. So wird der ursprünglich nichtelectrisirte Körper, wenn er ein isolirter Leiter ist, ganz positiv electrisch.

e. Die in einem Körper frei gewordene electrische Materie hat, weil ihre Theile sich gegenseitig abstoßen, das Bestreben, sich von demselben zu entfernen, und bildet, da die nichtleitende Luft sie an dem wirklichen Entweichen verhindert, eine dünne Schichte auf der Oberfläche des Körpers.

Auch dieser Satz ist durch mehrfache Versuche bestätigt. Brandes III, 252 ff.

f. Am leichtesten überwindet die frei gewordene electrische Materie den Widerstand der Luft da, wo sie sich um Spitzen angehäuft hat. Daher entweicht sie durch Spitzen selbst dann, wenn dem electrisirten Körper kein Leiter nahe gebracht wird. Eben so gerne strömt sie auch, wo sie mitgetheilt werden soll, durch Spitzen ein.

g. Das electrische Licht erscheint unter zwei Hauptformen: als Funke, von einem Schlage begleitet, wenn die electrische Materie von einem Körper zum andern (durch einen Nichtleiter) sprungsweise übergeht, und als ausstrahlendes Licht, wenn ein Körper Electricität ausströmt, ohne daß ein Leiter in der Nähe ist, auf den sie übergehen könnte. Ist der electrische Funke stark genug, so durchbohrt oder zerbricht er Nichtleiter und entzündet brennbare Stoffe, die er auf seinem Wege antrifft.

Bei dem Ausströmen durch Spitzen zeigt sich, wenn der electrisirte Körper + E hat, ein Lichtbüschel, wenn er — E hat, ein leuchtender Punct oder Stern. Brandes III, 260 f.

§. 80. Beschreibung der gebräuchlichsten electrischen Instrumente.

a. Die wesentlichsten Theile der Electrisirmaschine sind folgende: 1) der geriebene Körper oder Reiber, gewöhnlich eine Glasscheibe, oder, wie AB (Fig. 70.), ein Glascylinder, der mittelst einer Kurbel k um seine Axe gedreht werden kann. 2) Der reibende Körper oder das Reibzeug CD, aus einem ledernen, mit Haaren gefüllten Kissen bestehend, das durch Federn an den Reiber angedrückt wird. 3) Der Hauptleiter oder Conductor EF, ein auf allen Seiten abgerundeter Cylinder von Metallblech, der die Bestimmung hat, die durch das Umdrehen des Reibers in diesem erregte Electricität aufzunehmen. Er ruht, um isolirt zu seyn, auf einem oder mehreren Glasfüßen und ist auf der dem Reiber zugekehrten Seite mit sogenannten Saugespitzen (Vgl. §. 79. f.) versehen.

Um die Wirkungen der Maschine zu verstärken, belegt man das Reibzeug mit einer Metallmischung, welche am besten aus Quecksilber, Zinn und Zink besteht. Im Uebrigen ist hauptsächlich einerseits gute Isolirung des Reibers und Conductors (daher namentlich auch Trockenheit der Maschine und trockene Luft), andrerseits leitende Verbindung des Reibzeugs mit der Erde, damit diesem electrische Materie zuströmen kann, und endlich möglichst beschleunigte Reibung erforderlich, wenn die Versuche gut von Statten gehen sollen. Brandes III, 231 f. 234. Um mittelst der Glasmaschine — E zu erhalten, braucht man nur das Reibzeug zu isoliren und den Conductor durch einen Leiter (etwa eine Metallkette) mit der Erde zu verbinden. Brandes III, 233 f. Süskind, S. 435 f. Brettner, S. 282.

b. Das Electrophor oder der beständige Electricitätsträger — so genannt, weil dieses Instrument die einmal in ihm erregte Electricität lange Zeit festhält — besteht aus zwei Haupttheilen: der Basis und dem Deckel. Die Basis ist ein in einer metallenen oder wenigstens mit Stanniol überzogenen Form AB (Fig. 72.) befindlicher Harzkuchen CD, der Deckel eine durch seidene Schnüre oder eine gläserne Handhabe G isolirbare Scheibe EF von Metall oder

einem andern leitenden Stoffe, die etwas kleiner seyn muß, als der Kuchen. — Die Erscheinungen, welche das Electrophor hervorbringt, beruhen auf der Vertheilung (§. 79. d.). Durch Reiben oder Peitschen mit Pelz wird die in CD enthaltene electrische Materie so getrennt, daß sich die — E nach der obern, die + E nach der untern Seite des Kuchens begibt. Die + E des Kuchens zieht dann die — E der Form an, so daß sich diese ebenfalls nach oben begibt, während die + E unten bleibt, wie Fig. 71. es darstellt. Bringt man nun den Deckel EF auf CD, so tritt auch in ihm eine Vertheilung ein, in Folge welcher seine untere Seite + E, die obere — E erhält. Vom Kuchen hinweggenommen, ohne daß man ihn zuvor berührt hat, zeigt er keine Electricität, weil dann noch beide Electricitäten in ihm vorhanden sind und sich, sobald die + E des Deckels nicht mehr von der — E des Kuchens angezogen wird, gegenseitig aufheben. Berührt man dagegen, ehe man den Deckel hinwegnimmt, mit zwei Fingern derselben Hand zu gleicher Zeit den Deckel und die Form, so verbindet sich die — E des Erstern mit der + E der Zweiten, und es entsteht ein Funke, von einem schwachen Schlag begleitet. Aber auch nach erfolgter Wegnahme zeigt sich dann der Deckel noch electrisirt, weil er seine + E, und nur diese behalten hat.

Brandes III, 285 ff. Brettner, S. 283 ff. Süskind, S. 457 ff.

c. Um die mittelst der Electrisirmaschine oder des Electrophors erregte Electricität anzuhäufen, bedient man sich der electrischen Flasche oder Leidener Flasche (Fig. 71.). Dieselbe besteht gewöhnlich aus einem gläsernen Becher, der sowohl innen als aussen bis auf 1 oder 2 Zoll vom oberen Rande mit Stanniol belegt ist, und dessen innere Belegung mit einem Metallstabe in Verbindung steht, welcher sich oben in eine Kugel endigt. Die Flasche wird geladen, wenn man die eben erwähnte Metallkugel mit dem Conductor der Electrisirmaschine, während diese gedreht wird, in Verbindung bringt, oder sie

zu wiederholten Malen mit dem Deckel des Electrophors berührt, wobei eine wesentliche Bedingung ist, daß die äußere Belegung nicht isolirt sein darf. Sie wird entladen, wenn man die äußere Belegung und den Knopf durch Leiter mit einander in Verbindung bringt. Die durch sie hervorgebrachten Erscheinungen beruhen darauf, daß die von der Maschine mitgetheilte Electricität in der innern Belegung sich anhäuft und mittelst der äußeren Belegung die in den umgebenden Körpern gebunden enthaltene ungleichnamige Electricität heranzieht, während die gleichnamige entweicht, daß aber die beiden entgegengesetzten Electricitäten wegen des zwischen den Belegungen befindlichen Nichtleiters sich nicht eher vereinigen können, als bis eine Verbindung zwischen der innern und äußern Belegung hergestellt ist.

Die electrische Tafel. Brandes III, 266 ff. Süskind, S. 444 ff. Poppe, S. 496 ff. Die electrische Batterie. Brandes III, 279 f. Poppe, S. 503 f. Der Auslader. Brandes III, 269 f. Poppe, S. 506 f.

## §. 81. Versuche mit der Electrisirmaschine.

1) Anziehen und Abstoßen.

Zwei Kügelchen von Hollundermark, das eine am Conductor, das andere am Reibzeug electrisirt und dann einander genähert; eben solche Kügelchen theils an seidenen, theils an leinenen Schnüren dem Conductor nahe gebracht; das Anschwellen eines am Conductor befestigten Stücks Baumwolle; das Emporstehen der Haare eines auf dem Isolirschemel stehenden Menschen; das Zerstäuben des Wassers, das aus einem an den Conductor gehängten Trichter fließt. Die electrische Spinne. Der electrische Tanz. Das electrische Glockenspiel. Poppe, S. 282 ff. Süskind, S. 431 ff. Brandes III, 210 f.

2) Vertheilung der Electricität.

S. oben §. 79. d.

3) Ausströmung durch Spitzen.

Der Wind, welcher von electrisirten Spitzen ausgeht. Das electrische Flugrad. Poppe, S. 485. Süskind, S. 433. Brandes III, 262. Vgl. §. 79. g.

4) Electrisches Licht.

Einfacher Funke. Verstärkter Funke durch die Leidener Flasche. Ueberspringen des Funkens von Leiter zu Leiter. Blitztafel. Blitzkette. Brandes III, 291 ff. Süskind, S. 453 f. Poppe, S. 507 ff. — Ausstrahlendes electrisches Licht. §. 79. g. Anm. — Leuchten electrisirter Körper im Dunkeln. — Das el. Licht im luftleeren Raume. Brandes III, 294 ff.

5) Entzündung durch Electricität.

Naphtha, Weingeist, Colophonium, brennbare Luft u. s. w. mittelst des el. Funkens entzündet. Metalldrähte glühend gemacht. Das Blitzhäuschen. Brandes III, 300 ff. Poppe, S. 510 ff. Süskind, S. 454 f.

6) Mechanische Wirkungen des el. Funkens.

Durchbohrung und Zersplitterung von Nichtleitern oder schlechten Leitern (z. B. Pappe, getrocknetem Holz, Glas). Brandes III, 303 f. Süskind, S. 454 f. Poppe, S. 512 f. — Der el. Schlag. Tödtung von Thieren durch denselben. Poppe, S. 515 f. Süskind, S. 455.

7) Chemische Wirkungen.

Metalle (z. B. Quecksilber, Zinn, Blei) durch den el. Funken oxydirt und aus ihren Oxyden wiederhergestellt. Wasser in seine Bestandtheile, Wasserstoffgas und Sauerstoffgas, zersetzt. Brandes III, 302. 305. Poppe, S. 514 f. Süskind, S. 456.

---

## B. Von der Berührungselectricität oder dem Galvanismus.

§. 82. a. In zwei Körpern von verschiedenem Stoffe tritt, wenn man sie mit einander in Berührung bringt, eine Störung des el. Gleichgewichts ein. Die auf diese Weise durch blose Berührung hervorgebrachten el. Erscheinungen werden galvanische genannt.

Daß es wirklich nicht Reibung, sondern blose Berührung ist, was die galvanischen Erscheinungen hervorbringt, das beweist der

Umstand, daß zwei zusammengelöthete Körper ungleicher Art im Allgemeinen dieselben Wirkungen zeigen, wie zwei auf einander gelegte.

b. Man unterscheidet in Beziehung auf den Galvanismus Leiter der ersten Art oder Erreger und Leiter der zweiten Art. Jene sind vorzugsweise geeignet, durch Berührung electrisch zu werden, oder gegenseitig in einander Electriciät zu erregen, diese, die in den Leitern der ersten Art hervorgerufene Electricität weiter zu leiten. Die besten Erreger sind die Metalle, die besten Leiter der zweiten Art Flüssigkeiten.

c. Sämmtliche Erreger lassen sich in eine Reihe ordnen, von welcher jedes Glied — mit Ausnahme des ersten, das immer positiv, und des letzten, das immer negativ electrisch wird, — in Verbindung mit jedem nachfolgendem + E und in Verbindung mit jedem vorhergehendem — E erhält, und zwar Beides in um so höherem Grade, je weiter die mit einander in Berührung gebrachten Glieder in der Reihe aus einander liegen.

Nimmt man aus der allgemeinen Reihe der Erreger die Metalle heraus, so ordnen sie sich folgendermaßen: Zink, Blei, Zinn, Eisen, Kupfer, Gold, Silber, Platin. Mithin wird Blei mit Zink negativ electrisch, mit Zinn, Eisen u. s. w. positiv electrisch. Zink und Silber erregen in einander höhere Grade von Electricität, als Zink und Blei oder Zink und Kupfer.

§. 83. a. Das einfachste galvanische Instrument besteht aus zwei Metallplatten, gewöhnlich einer Zink- (Z) und einer Kupferplatte (K). Um die mittelst solcher Platten bewirkte Trennung von + E und — E deutlich wahrnehmen zu können, muß man entweder beide oder doch eine isoliren, was am besten durch gläserne Handhaben geschicht. Isolirt man beide, so zeigt nach erfolgter Berührung Z + E und K — E. Isolirt man nur eine, z. B. Z, während K mit dem Boden in Verbindung steht, so wird Z + electrisch, K aber zeigt gar keine freie Electricität. Allein auch in nicht isolirten Platten bemerkt man, wenn sie gleich nicht auf das

Electroscop wirken, während der Berührung Spuren electrischer Thätigkeit, welche besonders mittelst der Geschmacksnerven wahrgenommen werden.

Man bringe die Zunge zwischen die Platten, während sie mit ihren vorragenden Enden einander berühren, und man wird, wenn Z oben liegt, einen säuerlichen, wenn K oben liegt, einen laugenhaften Geschmack haben. Auch eine schwache Lichtempfindung kann man erregen, wenn man die eine Platte an das rechte, die andere an das linke Zahnfleisch der obern Kinnlade hält und sie dann mit einander in Berührung bringt. Brandes III, 349. Poppe, S. 539 f. Brettner, S. 295.

b. Trennt man Z und K durch einen Leiter der zweiten Art, etwa einen feuchten Tuchlappen (F), so wird, wenn die Platten isolirt sind, ebenfalls Z + K und K — E zeigen, und man hat eine sogenannte galvanische Kette, welche geschlossen wird, indem man die beiden Platten durch einen Metalldraht (Schließungsdraht) mit einander in Verbindung setzt. Nach erfolgter Schließung entsteht eine Strömung der entgegengesetzten Electricitäten von Z nach K und von K nach Z, vermöge welcher schon die einfache Kette, wenn die Platten groß genug sind, ziemlich starke nervenreizende, chemische und andere Wirkungen hervorbringt, obwohl sie jetzt nicht mehr auf das Electroscop wirkt.

c. Mehrere Plattenpaare, welche man unmittelbar über einander schichtet, zeigen keine größeren Wirkungen, als ein einzelnes Paar. Dagegen werden die Wirkungen verdoppelt, verdreifacht u. s. w., wenn man zwei, drei u. s. w. Plattenpaare so auf einander legt, daß jedes Paar von dem andern durch einen Leiter der zweiten Art getrennt ist. Auf diese Erfahrung gründet sich die Zusammensetzung der voltaischen Säule oder galvanischen Batterie, welche gewöhnlich so aufgebaut wird, daß man zu unterst eine Kupferplatte legt und dann mit den Metallplatten und feuchten Tuchlappen (F) folgendermaßen abwechselt: KZFKZF .....FKZ. Ist die auf diese Weise construirte Säule isolirt, so vertheilt

sich in ihr die electrische Materie dergestalt, daß sich in der Mitte eine Stelle findet, welche gar keine Electricität zeigt, und daß von dieser Stelle (dem Indifferenzpuncte) aus die + E nach oben und die — E nach unten von Plattenpaar zu Plattenpaar zunimmt. Ist die Säule an ihrem unteren Ende (dem Kupferpole oder negativen Pole) nicht isolirt, so zeigt dieses Ende gar keine El., aber die + E ist von hier bis zum obern Ende (dem Zinkpole oder positiven Pole) in beständiger Zunahme begriffen, so daß der Zinkpol doppelt so stark electrisch wird, als er im isolirten Zustande der Säule geworden wäre. Daß das Umgekehrte erfolgt, wenn der Zinkpol unten und nicht isolirt, der Kupferpol oben ist, versteht sich von selbst. Bringt man die beiden Pole durch Schließungsdrähte in Verbindung mit einander, so ist die Säule geschlossen und wird entladen, d. h. es entsteht dann in derselben, wie in der einfachen Kette, ein Gegeneinanderströmen der + E und — E, das, so lange die Säule geschlossen ist, ununterbrochen fortdauert.

Die Wirksamkeit der Säule sowohl als der einfachen Kette hängt hauptsächlich von folgenden Umständen ab: 1) Von dem Abstande, der zwischen den einander berührenden Metallen in der Reihe der Erreger stattfindet. (Vgl. §. 85. c.) 2) Von der Größe und Anzahl der Platten. 3) Von der Beschaffenheit ihrer Oberfläche. (Sie müssen möglichst glatt sein.) 4) Von der Beschaffenheit der angewandten Leiter zweiter Art. (Salzauflösungen und verdünnte Säuren sind wirksamer, als bloßes Wasser. Vertrocknet die Flüssigkeit, so hört die Säule auf, chemische Wirkungen zu zeigen und auf das Gefühl zu wirken, bringt aber, wenn sie nicht geschlossen ist, immer noch die Erscheinung des Anziehens und Abstoßens hervor. Dieser letztere Umstand führte darauf, trockene Säulen zu erbauen, welche gewöhnlich aus Scheiben von unächtem Gold= und Silberpapier bestehen, die so mit einander verbunden sind, daß die Metallflecken einander berühren und daß Papier die Stelle des feuchten Leiters vertritt.) Brandes III, 329. 339. 341 ff. 351 ff. Poppe, S. 543. 545. 548 f. 552. 558 ff.

Electrische Fische. Brandes III, 354 ff. Poppe, S. 563 f.

§. 84. Die Wirkungen der galvanischen Instrumente sind im Wesentlichen dieselben, wie die der Electrisir=

maschine. Besonders geeignet aber, und weit geeigneter, als die Reibungselectricität, zeigt sich der Galvanismus, auf die Nerven zu wirken, Wärme zu erzeugen und die Körper in ihre Bestandtheile zu zerlegen.

Versuche mit leichten Körperchen, welche theils am Zinkpole, theils am Kupferpole der voltaischen Säule electrisirt sind. Perpetuum mobile durch die trockene Säule. Brettner, S. 297. Brandes III, 342. Poppe, S. 559 f. — Schwacher electrischer Funke in dem Augenblicke, wo die beiden Schließungsdrähte der Säule mit einander in Berührung gebracht werden. Brandes III, 394 ff. Poppe, S. 552 f. Süskind, S. 505. — Wirkungen des Galvanismus auf die Geschmacks- und Gesichtsnerven, so wie auf das Gefühl überhaupt. Die Empfindung, welche man hat, wenn man die Schließungsdrähte berührt, ist nicht die eines Schlags, sondern ein andauernder, stechender Schmerz. Brandes III, 349 ff. — Verbrennungs- und Schmelzungsversuche. Sehr schwer schmelzbare Metalle werden geschmolzen, wenn man sie dem electrischen Strome einer großen Batterie aussetzt. Brandes III, 397. Poppe, S. 552 ff. — Zersetzung des Wassers und anderer Körper, wobei die mehr negativ electrischen Bestandtheile derselben (beim Wasser der Sauerstoff) vom positiven Pole, die mehr positiv electrischen (beim Wasser der Wasserstoff) vom negativen Pole angezogen werden. Brandes III, 357 ff. Poppe, S. 556 f. — Chemische Wirkungen in der Säule selbst. Brandes III, 379 ff. Versuche mit der Lakmustinctur. Poppe, S. 557. Brettner, S. 298.

---

## C. Von den electrischen Meteoren.

§. 85. a. Die Luft enthält immer freie Electricität, und zwar, namentlich in den höhern Schichten, vorzugsweise + E. Das Entstehen dieser Luftelectricität hängt unläugbar mit dem Verdunsten des Wassers zusammen. Sie tritt besonders merklich hervor, wenn die unsichtbaren Wasserdünste sich zu sichtbaren verdichten; daher am stärksten bei schnellen Wolkenbildungen.

Man kann mittelst der Luftelectricität Flaschen laden. Franklins Versuche mit Drachen. Brandes III, 201 f. Poppe, S. 529.

Die Luftelectricität ist stärker im Sommer, als im Winter, schwächer bei trockener, als bei feuchter Luft. — Wasser, in welches man glühendes Eisen taucht, wird negativ electrisch, ebenso das Gefäß, in welchem man Wasser verdampfen läßt; aus Beidem folgt, daß durch das Verdampfen die + E entweicht. Brandes III, 318 ff.

b. Hat die in einer Wolke angehäufte Electricität in einer andern benachbarten Wolke oder auf der Erdoberfläche durch Vertheilung die entgegengesetzte Electricität hervorgerufen, so entsteht der Blitz, welcher nichts Anderes ist, als ein großer electrischer Funke, der, indem er die Luft durchbricht und dadurch leere Räume hervorbringt, in welche die getrennte Luft mit Macht wieder hineinströmt, den Donner verursacht.

c. Wie der Funke der Electrisirmaschine, so wird auch der Blitz am stärksten von guten Leitern angezogen und strömt am liebsten durch Spitzen ein. Findet er auf seinem Wege von einem guten Leiter zum andern einen schlechten Leiter oder Nichtleiter, so werden sie von ihm durchbrochen und, wenn sie brennbar sind, entzündet.

Die sogenannten kalten Schläge. Brandes III, 315 ff.

d. Auf das eben Gesagte gründet sich die Einrichtung der Blitzableiter, welche aus metallenen Stangen mit nach oben gerichteten Spitzen bestehen, die man über Gebäuden anbringt und an den Seiten derselben bis unter die Erdoberfläche herabgehen läßt.

Die Metallstangen, aus welchen der Blitzableiter besteht, dürfen nirgends unterbrochen sein, und müssen vor dem Verrosten geschützt werden, da das Oxyd ein schlechter Leiter ist. Der Blitzableiter muß sich über die höchsten Theile des Gebäudes hinauf erstrecken. Es dürfen sich in der Nähe desselben keine Metallmassen befinden. Er wirkt nicht auf große Entfernungen; daher muß er auf großen Gebäuden mehrere Auffangspitzen haben. Brandes III, 310 f. Poppe, B. 537 ff. Süskind, S. 476 ff.

Sonstige Vorsichtsmaßregeln gegen den Blitz: Man lösche alles Feuer im Hause aus; man umgebe sich mit schlechten Leitern und vermeide die guten, namentlich die Enden derselben; man halte sich ferne von den Wänden und vom Schornstein; im freien Felde stehe man nicht

unter Bäume u. dgl., entferne sich aber auch nicht zu weit von höheren Gegenständen. Brandes III, 314 f. Süskind, S. 487 ff. Poppe, S. 537.

e. Das sogenannte Wetterleuchten, ein Blitz ohne Donner, rührt wohl zum Theil von sehr entfernten Gewittern her, zum Theil scheint es aber auch ein minder heftiges Ausströmen der Electricität aus electrischen Wolken zu sein.

Poppe, S. 535 f. Süskind, S. 467. Brettner, S. 293.

f. Die Wetterlichter oder St. Elsmfeuer, bei den Alten Castor und Pollux, sind electrische Flämmchen, die sich oft an den Spitzen erhabener Gegenstände zeigen. Sie scheinen von einer starken Electricität der unteren Luftschichten herzurühren, welche in den auf der Erdoberfläche befindlichen Körpern die entgegengesetzte hervorruft.

Brandes III, 321 f. Poppe, S. 536.

---

## IV. Von dem Magnetismus.

---

§. 86. a. Gewisse Eisenerze besitzen die Eigenschaft, metallisches Eisen anzuziehen und an sich fest zu halten. Dieses sind die sogenannten natürlichen Magnete oder Magnetsteine. Auf verschiedene Weise, namentlich aber durch Berührung mit einem natürlichen Magnete, wird auch das metallische Eisen magnetisch, wodurch man künstliche Magnete erhält.

Die Kraft des natürlichen Magnets hängt nicht von seiner Größe ab. Kleine Stückchen Magnetstein zeigen oft sehr bedeutende Wirkungen. Brandes III, 407 f. Poppe S. 567. Stärkere, sowohl künstliche als natürliche Magnete wirken in eine ziemliche Entfernung, und ihre anziehende Kraft wird nicht geschwächt, wenn man zwischen sie und das angezogene Eisen andere Körper, z. B. Holz, Glas u. s. w. bringt. Brandes ebd. Brettner, S. 256. Süskind, S. 508 f.

Magnetisirung des Eisens durch bloße Reibung, durch längeres Liegen in der Richtung von Süden nach Norden, durch ungleiche Erwärmung. Brettner, S. 262 f.

b. Die anziehende Kraft ist nicht gleichmäßig über den ganzen Magnet verbreitet, sondern am stärksten an zwei entgegengesetzten Stellen desselben, welche man die Pole nennt. In der Mitte zwischen den beiden Polen findet sich eine Stelle (die Indifferenzstelle), welche gar keine Anziehung zeigt. (Vgl. §. 83. c.) Die gerade Linie, welche die beiden Pole mit einander verbindet, wird die Axe des Magnets genannt.

Versuche mit Eisenfeile. Brandes III, 408 f. Poppe, S. 567.

c. Hängt man einen Magnet so auf, daß er sich ungehindert bewegen kann, so wendet sich der eine Pol nach Norden, der andere nach Süden. Man nennt daher jenen den Nordpol, diesen den Südpol.

d. Werden zwei sich frei bewegende Magnete einander genähert, so zieht der Nordpol des einen den Südpol des andern an, während die beiden Nordpole und die beiden Südpole einander abstoßen. Es gibt also, wie zwei verschiedene Electricitäten, so auch zwei Arten von Magnetismus, in Beziehung auf welche das Gesetz gilt: Gleichnamige magnetische Stoffe (Nordmagnetismus und Nordmagnetismus oder + **M** und + **M**, Südmagnetismus und Südmagnetismus oder — **M** und — **M**) stoßen einander ab, ungleichnamige (+ **M** und — **M**) ziehen einander an.

Versuche mit Nadeln, die auf der einen Seite mit dem Nordpol, auf der andern mit dem Südpol eines Magnets gestrichen sind. Die magnetischen Fische, Schwäne u. dgl. Poppe, S. 569 ff.

e. Jeder Magnetismus ruft in seinem Wirkungskreise durch Vertheilung den entgegengesetzten hervor. (Vgl. §. 79. d.)

Die im Eisen gebundenen ungleichnamigen Magnetismen werden durch Annäherung an einen Magnet frei, und vertheilen sich, wenn das Eisen dem Nordpol genähert wird, so, daß sich auf der dem Magnete

zugekehrten Seite — M, auf der entgegengesetzten + M anhäuft, während, wenn die Annäherung auf der Seite des Südpols geschieht, das Umgekehrte erfolgt.

Auf der Vertheilung des M. beruht die Erscheinung, daß Nadeln Eisenspäne u. s. w., welche mit der einen Seite an einem Magnete hängen, auf der entgegengesetzten Seite andere Metalle, Eisenspäne u. s. w. anziehen. Süskind, S. 515 f. Brandes III, 409 f. Poppe, S. 575.

§. 87. Was die Verfertigung künstlicher Magnete betrifft, so bedient man sich dazu vorzugsweise des gehärteten Stahls, weil dieser den mitgetheilten Magnetismus festhält, während weicher Stahl und Eisen ihn bald wieder verlieren. Um eine Stange Stahl magnetisch zu machen, bestreicht man dieselbe mit dem Nord- oder Südpol eines Magnets, indem man damit zu wiederholten Malen und immer in derselben Richtung von dem einen Ende der Stange (A) nach dem andern (B) fährt, worauf, wenn man sich des Nordpols bediente, A + M und B — M, wenn man sich des Südpols bediente, A — M und B + M zeigt; oder man setzt zwei Magnete mit ihren ungleichnamigen Polen auf die Mitte der Stange, streicht sodann mit dem einen Pole nach A, mit dem andern nach B und erhält auf jeder Seite den dem Pole, mit welchem sie bestrichen wurde, entgegengesetzten Magnetismus. Die Wirkungen der auf solche Weise magnetisirten Stahlstange werden verstärkt, indem man ihr die Form eines Hufeisens (Fig. 73.) gibt, wodurch es möglich wird, daß auf einen und denselben Körper beide Pole zugleich wirken.

Bei dem natürlichen Magnete wird die Hufeisenform durch die sogenannte Armatur (Bewaffnung) ersetzt, welche darin besteht, daß man die Polseiten des Magnets abschleift und an denselben Platten von weichem Eisen AB und CD (Fig. 74.) befestigt, die sich unten in etwas dickere Füße B und D endigen. Ein auf diese Weise bewaffneter Magnet leistet nicht nur deßhalb mehr, als ein unbewaffneter, weil er den Anker EF mit beiden Polen zugleich trägt, sondern auch weil das weiche Eisen, das am geeignetsten ist, durch Vertheilung schnell und stark magnetisch zu werden, die im Magnet angehäufte magnetische Materie mit Macht nach den Polen zieht, dadurch den Magnetismus der Letztern

verstärkt und nun (in Folge der Vertheilung) an den vom Magnete entferntesten Stellen B und D die den Magnetismen der Pole gleichnamigen Magnetismen in gleicher Stärke erhält. Brandes III, 418. Süskind, S. 512.

Außer der Armatur dient zur Verstärkung der Wirkungen eines Magnets hauptsächlich die Beschäftigung. Brettner, S. 257. Süskind, S. 512 f. Dagegen wird die magnetische Kraft geschwächt durch Erhitzung, Feuchtigkeit, starke Erschütterung, übermäßige Beschwerung, so wie, wenn man die gleichnamigen Pole zweier Magnete mit einander in Berührung bringt. Brettner, S. 258. 260. Süskind, S. 513.

§. 88. a. Das interessanteste magnetische Instrument ist die Magnetnadel, ein dünner, magnetisirter Stahlstreifen, in Gestalt eines Pfeils, oder (besser) an beiden Enden spitz zulaufend, der in seinem Schwerpuncte auf einem senkrecht stehenden Stifte ruht, auf welchem er sich mit möglichster Leichtigkeit muß bewegen können. Der Stift, auf welchem die Nadel balancirt, ist gewöhnlich in der Mitte einer Scheibe befestigt, welche in Grade eingetheilt ist. In Verbindung mit dieser Scheibe bildet dann die Magnetnadel den Compaß oder die Boussole.

Manchfaltiger Gebrauch des Compasses: für wissenschaftliche Zwecke, bei der Schiffahrt, dem Bergbau u. s. w. Poppe, S. 578. Süskind S. 547 f. Brandes III, 421 f.

b. Nur in der Nähe des Aequators ruht die Magnetnadel genau wagrecht auf dem unterstützenden Stifte. Nähert man sich dem Nordpol der Erde, so senkt sich der Nordpol der Nadel gegen den Horizont; dasselbe erfolgt mit dem Südpol der Nadel, wenn man sich dem Südpol der Erde nähert. Man nennt dieß die Inclination oder Neigung der Magnetnadel. Da nun nach dem oben (§. 86. d.) Gesagten die entgegengesetzten Pole einander anziehen, so ist anzunehmen, daß im Norden der Erde ein dem Nordpol der Magnetnadel, im Süden dagegen ein dem Südpol derselben entgegengesetzter Pol sich befinde, oder daß die ganze Erde ein großer Magnet sei.

c. Die Magnetnadel weist zwar überall und immer mit ihrem Nordpol gegen Norden und mit ihrem Südpol gegen Süden; aber an den meisten Orten zeigt sie nicht genau auf die Pole der Erde hin, sondern weicht gegen Osten oder Westen ab. Dieß nennt man die Declination (Abweichung) der Magnetnadel, welche, da sie, wie auch die Inclination, an demselben Orte bald stärker, bald schwächer ist, beweist, daß die magnetischen Pole nicht allein von den geographischen verschieden, sondern auch gewissen Veränderungen (entweder in Absicht auf ihre Lage, oder in Absicht auf ihre Anziehungskraft) unterworfen sind. Am leichtesten erklärt man sich die verschiedenen Erscheinungen der Declination durch die Annahme einer doppelten magnetischen Axe mit vier Polen, von welchen zwei im nördlichen America und in Sibirien, die zwei entgegengesetzten südwestlich von der Südspitze America's und südlich von Neuholland liegen. Brandes III, 433.

Magnetischer Aequator. Brandes III, 431 f. Poppe, S. 585. Magnetische Meridiane. Brandes III, 428. Poppe, S. 578 f. Aenderungen der Declination und Inclination im Laufe der Jahrhunderte, des Jahres und des Tages. Brandes III, 444 ff. Bei uns weicht der Nordpol der Magnetnadel gegenwärtig ungefähr 17° gegen Osten ab.

§. 89. Höchst merkwürdig ist der unverkennbare Zusammenhang zwischen Magnetismus und Electricität. Die wichtigsten Erscheinungen, welche theils diesen Zusammenhang beweisen, theils auf ihm beruhen, sind folgende:

a. Geht ein galvanischer Strom in der Richtung von Süden nach Norden gerade unter der Magnetnadel hin, so weicht sie mit ihrem Nordpole nach Osten ab; das Nämliche geschieht, wenn der Strom in der entgegengesetzten Richtung über der Magnetnadel hingeht. Dagegen erfolgt eine westliche Abweichung des Nordpols, wenn der Strom unter der Nadel von Norden nach Süden, oder über derselben von Süden nach Norden sich bewegt. In der Richtung von Süden nach Norden auf der Ostseite der Nadel hingehend, be-

wirkt der galvanische Strom eine **Hebung** des Nordpols, auf der **Westseite** hingehend — eine **Senkung** desselben. Die Electricität bringt also, je nach Umständen, bald in der Declination, bald in der Inclination der Magnetnadel Veränderungen hervor.

Um sich von dem hier Gesagten durch Versuche überzeugen zu können, muß man wissen, daß, wenn von der Richtung des electrischen Stromes die Rede ist, immer nur an die Strömung der + E gedacht wird, welche im Schließungsdrahte der einfachen galvanischen Kette vom K zum Z, in den Schließungsdrähten der voltaischen Säule dagegen, in welcher selbst die + E vom Kupferpole zum Zinkpole strömt, vom Z zum K geht. **Brettner**, S. 302 f. **Brandes** III, 347 f. 479.

b. Die Schließungsdrähte einer galvanischen Kette oder Batterie ziehen, während die electrische Strömung durch sie geht, Eisenfeile an. **Brettner**, S. 304. S. 587.

c. Bringt man einen von dem galvanischen Strome in schraubenartigen Windungen umkreisten Körper, z. B. einen Glasstab, der sich frei bewegen kann, in die Nähe eines Magnets, so wird das eine Ende des Stabes von dem Nordpol, das andere von dem Südpol des Magnets angezogen. **Brandes** III, 488 f.

Erklärung des Erdmagnetismus aus electrischen Strömungen, welche die Erde umkreisen. **Brandes** III, 513 f.

d. Wird ein Stahlstück (eine Nadel) mit dünnem Draht schraubenförmig umwunden und dann mittelst dieses Drahtes dem galvanischen Strome oder dem Schlage einer Leidner Flasche ausgesetzt, so wird es ein Magnet. **Brandes** III, 493 ff. **Poppe**, S. 516. 587 f.

Umgekehrt kann in bereits magnetischen Körpern durch den electrischen Schlag der Magnetismus geschwächt, oder zerstört, oder auch eine Umkehrung der Pole bewirkt werden. **Brettner**, S. 289. **Poppe**, S. 516.

e. Eine auf die eben erwähnte Weise umwundene Stange von weichem Eisen bringt, während sie dem galvanischen Strome ausgesetzt ist, besonders wenn man ihr die Form eines Huf-

eisens gegeben hat, sehr starke magnetische Wirkungen her
die aber aufhören, sobald das Eisen wieder sich selbst ü
lassen ist.

Der 2000 Pfund tragende Magnet von Henry und ten E
Brandes III, 496 ff.

f. In den unter b, c, d und e aufgeführten Fällen
hen wir durch Electricität Magnetismus hervorgerufen; m
hat aber bemerkt, daß auch umgekehrt der Magnetismus e
trische Erscheinungen bewirkt, indem in einem schraubenförm
gewundenen Drahte, den man einem Magnete nähert, elect
sche Strömungen entstehen. Wird der Draht in eine so
Verbindung mit dem Magnete gebracht, daß der electris
Strom zugleich diesen selbst durchkreist, und wird dann pl
lich die Verbindung aufgehoben, so schlägt der unterbroch
Strom als ein Funke über, den man den magnetisch
Funken nennt.

g. Zu den electrisch-magnetischen Erscheinung
gehören ohne allen Zweifel die sogenannten Polarlicht
(Nordlicht und Südlicht). Dieselben kommen am häufigs
in der Nähe der vier magnetischen Pole vor, liegen mit ih
Mitte fast immer genau in der Mitte der Magnetnadel u
bringen in dieser allezeit eine lebhafte Unruhe hervor.

---

## Berichtigung.

Seite 2. Z. 19. ist das Wort Haarröhrchen zu streichen.

Unbedeutendere Druckfehler und Inconsequenzen in der Schreibweis
die aus Versehen stehen geblieben, möge der geneigte Leser selbst ve
bessern.

## Beachtungswerthe Anzeige für die Herren Schulvorsteher und Lehrer an Seminarien, Gymnasien, Bürger-, Real- und Töchter-Schulen, sowie Privat-Instituten.

---

**U**nterzeichnete Buchhandlung erlaubt sich hiermit beim Herannahen eines neuen Schul-Kurses einige **Unterrichtsbücher** in Anregung zu bringen, deren Tüchtigkeit bereits von vielen Recensenten in öffentlichen Blättern hervorgehoben und durch vielfache Einführung in Lehranstalten anerkannt ist. Die Preise sind so billig als möglich gestellt. In jeder soliden Buchhandlung Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz sind Exemplare zur Einsicht zu haben.

**Haßler, K. D.,** Dr. und Professor, Paragraphen für den Unterricht in der **Philosophie** auf Gymnasien und ähnlichen Lehranstalten. 2 Theile. gr. 8. 2 fl. rhein. oder 1 Thlr. 8 ggr.; jeder Band apart die Hälfte.

Durch das Erscheinen dieses Buchs, das, vom praktischen Schulmanne mit vielem Fleiße und strenger Wissenschaftlichkeit bearbeitet, dem Zwecke zum Unterricht auf Gelehrtenschulen für unsre Zeit völlig entspricht, indem es nicht über das Fassungsvermögen der studirenden Jugend hinausgeht, ist von allen Seiten mit großem Beifall aufgenommen, und dem Herrn Verfasser dadurch für die große Schwierigkeit, ein Lehrbuch der Philosophie für Schulen richtig auszuführen, seine verdiente Anerkennung zu Theil geworden. Unter mehreren andern Recensionen verweisen wir nur auf jene in den gött. gel. Anzeigen, den Jahrbüchern f. Philologie und Pädagogik, der Berl. lit. Zeitung &c. &c. – Der erste Band enthält die wichtigsten Lehren der empirischen Psychologie und der Logik, der zweite die Hauptsätze der philosophischen Rechts- und Sittenlehre in dem Umfange, als sie von Kandidaten des akademischen Studiums verlangt werden können: Metaphysik, Aesthetik und Reigionsphilosophie sind davon ausgeschlossen. Die Anmerkungen dienen theils zur Erläuterung der Paragraphen, theils um des Schülers weiteres Nachdenken zu wecken, und Andeutungen zur weitern Entwicklung der Ideen zu geben.

**Nagel, Chr. Dr.,** Professor der Mathematik, Lehrbuch der ebenen Geometrie zum Gebrauche bei dem Unterrichte in Real- und Gymnasial-Anstalten. Zweite vermehrte und verbesserte Auflage mit 17 lith. Tafeln. gr. 8. In Umschlag broch. 1 fl. 20 kr. rhein. oder 20 ggr.

Wir glauben diese Schrift den Lehrern der Mathematik an Real- und Gymnasialanstalten um so gewissenhafter empfehlen zu dürfen, da nicht blos die günstigsten Recensionen sich über deren Brauchbarkeit entschieden ausge-

sprochen haben, sondern auch die Einführung derselben in vielen Schulanstalten und die dadurch in Kurzem nöthig gewordene neue Auflage eine bei der Fluth von mathem. Lehrbüchern seltenere Anerkennung auch in weiteren Kreisen bewiesen hat. Diese günstige Aufnahme, welche dem obigen Lehrbuche zu Theil geworden, verdankt dasselbe wohl hauptsächlich dem Umstande, daß es die richtige Mitte zu halten sich bestrebt hat zwischen zwei Extremen, bei welchen sich so manche Schulbücher des mathematischen Faches nicht selten verirren, dem einen, nach welchem nur auf die strengwissenschaftliche Entwicklung des Systems Rücksicht genommen wird, und dieser Rücksicht alle Grundsätze der Methodik geopfert werden, und dem andern, nach welchem der Schüler nur eine Masse praktisch brauchbarer Kenntnisse ohne allen wissenschaftlichen Werth und Gehalt bekommen soll. Indem der Verfasser von dem Grundsatze ausgeht, daß nur durch wissenschaftlichen Gehalt der mathematische Unterricht nicht blos formell, sondern selbst auch für die praktische Anwendung wahrhaft fruchtbar gemacht werden könne, glaubt er doch zugleich, daß der erste Unterricht in der Geometrie nicht schon wissenschaftlich ausgebildete Schüler voraussetzen, und daher ohne Rücksicht auf den bei dem Unterrichte so nothwendigen Fortschritt vom Leichteren zum Schwereren nur die strenge systematische Consequenz im Auge haben dürfe, sondern daß vielmehr dieser erste Unterricht allmählig den Sinn für Wissenschaftlichkeit in dem Schüler wecken, und ihn so durch immer mehr fortschreitende Strenge der Beweisführung nach und nach fähig machen soll, mit entwickelterer und gestärkter Kraft ausführlichere und ausschließlich nur die wissenschaftlichen Anforderungen berücksichtigende Systeme der Geometrie selbst studiren zu können.

Die Verlagshandlung hat den Preis der Schrift so gestellt, daß auch ärmern Schulanstalten die Einführung derselben möglich ist, und der Verfasser hat, was dem obigen Lehrbuche zu weiterer Empfehlung als Schulbuch dienen mag, sich anheischig gemacht, wie dieß bei der zweiten Auflage schon geschehen ist, so auch bei folgenden Auflagen die für nothwendig erkannten Verbesserungen so in der Schrift anzubringen, daß dieselben als Zusätze immer besonders abgedruckt werden können, damit nicht durch spätere Auflagen die frühern unbrauchbar werden.

**Scholl, G. H. F.**, Diaconus und Vorsteher einer höhern Töchterschule, Grundriß der Naturlehre zum Behufe des populären Vortrags dieser Wissenschaft. Mit 4 Figurentafeln. gr. 8. In Umschlag broch. 48 kr. oder 12 ggr.

Alle weitere Anpreisung vermeidend, führen wir hier nur die Worte eines Recensenten dieses Buches an: „Ein Verfasser, dem es gelungen ist, das Wissenswertheste aus einer so außerordentlich inhalt- und umfangreichen Wissenschaft auf einen Raum von 92 Octavseiten zusammen zu drängen, verdient gewiß großes Lob. Man sieht es dem „Grundriß" an, daß sein Verfasser nicht von dem Irrthum befangen ist, als ob der wissenschaftliche und populäre Vortrag Gegensätze seien, — ein Irrthum, aus welchem selbst in neuester Zeit wieder manche breite, süßliche und wässerige Jugendschriften hervorgehen. Durch die Klarheit, Bestimmtheit und Kürze des Ausdrucks neben der Leichtfaßlichkeit desselben sicherte der Hr Verf. seinem „Grundriß" zwei sehr bedeutende Vortheile; einmal ist der Umfang und mithin der Preis desselben so beschaffen, daß man dem einzelnen Schüler auch zumuthen kann ihn sich anzuschaffen, sodann aber kann sich der Lehrer desselben bei seinem Unterrichte als Leitfaden bedienen, ohne beim Ausbau dem Büchlein oder seinen im Einzelnen abweichenden Ansichten Zwang anthun zu müssen. Daß, wie der Hr. Verf. in dem Vorwort sagt, nach dem hier gegebenen Grundriß nicht allein in den höhern Classen von Töchterschulen, sondern auch an Schullehrer-Seminarien und Bürgerschulen, überhaupt in Anstalten, wo eine eigentlich gelehrte Behandlung der Physik nicht an ihrem Platze ist, mit Erfolg unterrichtet werden kann — damit bin ich vollkommen einverstanden."

In demselben Verlage sind erschienen und zur Anschaffung empfehlungswerth:

**M. Tullius Cicero's Redner an M. Brutus**, übersetzt von M. Carl Victor von Hauff. gr. 8. 24 kr. oder 6 ggr.

**Clöter, Ch. M. Ad.**, Schulinspector, Entwurf einer Schulordnung nebst Sittenspiegel und Schulgesetzen. Mit Beilagen. gr. 8. 12 kr. oder 3 ggr.

— — Sittenspiegel und Schulgesetze besonders. 3 kr. oder 1 ggr.

**Ehrhart, J. G. D.**, Dekan, die christliche Kirche in alter und neuer Zeit. Für denkende Freunde des Christenthums in allen Confessionen. Zweite Ausgabe. gr. 8. geh. 2 fl. oder 1 Thlr. 6 ggr.

Unter andern Recensenten sagt darüber einer in der Hall. Litr.-Ztg.: „Wir müssen gestehen, daß der Verfasser sich in seinem Werke als einen ebenso gründlichen, als ruhigen und leidenschaftslosen Forscher zeigt, und daß dasselbe das Resultat eines langjährigen rühmlichen Fleißes ist."

**Fénélon**, les avantures de Télémaque, fils d'Ulisse. Mit der deutschen Uebersetzung von J. Schultes. Mit Kupfern. gr. 8. 1 fl. 30 kr. oder 1 Rthlr. Ohne Kupfer 1 fl. 12 kr. oder 20 ggr.

**Goeß, G. F. D. M.**, Rector und erster Professor, Organisation des Ulmer Gymnasiums, nebst 2 Gelegenheitsreden. gr. 8. 24 kr. oder 6 ggr.

**Haßler's, K. D. Dr.**, Bemerkungen über den Unterricht in der französischen Sprache auf Realschulen und Gymnasien. gr. 4. 12 kr. oder 3 ggr.

**Höchel, C. H.**, die Heroen der Kunst. Zur Feier des vierten Säcularfestes, gew. den Manen Guttenbergs. gr. 8. geh. 30 kr. oder 7½ ggr.

**Hug, J. L.**, Prof. zu Freiburg, die Erfindung der Buchstabenschrift, ihr Zustand und frühester Gebrauch im Alterthum. Mit Hinsicht auf die neuesten Untersuchungen über den Homer. 4. 1 fl. oder 15 ggr.

**Knecht, J. H.**, Luthers Verdienste um Musik und Poesie. Eine Skizze. gr. 8. 12 kr. oder 3 ggr.

**Mercy, W.**, Pfarrer, Grundsätze der Beredtsamkeit für junge Geistliche. 8. 24 kr. oder 6 ggr.

— — — — über die Preisfrage des Bisth. Konstanz. Ein Beitrag zur geistl. Beredtsamkeit. 8. 9 kr. oder 2 ggr.

**Moser's, C. F. D.**, Bemerkungen zu **Chr. Mart. Wieland's** Uebersetzung und Erläuterung sämmtlicher Briefe **Cicero's**, theils reinphilologischen und literarischen, theils besonders juridischen Inhalts. Nach des Verf. Tode herausg. von **Dr. F. L. Marx**. Dritte verb. Aufl. broch. gr. 8. 36 kr. oder 8 ggr.

Wir erlauben uns, dies besonders noch als Anhang zu der eben erschienenen neuen Ausgabe zu empfehlen.

— — Taschenbuch für deutsche Schulmeister. 12 Jahrgänge. 8. Herabgesetzter Preis zusammen 3 fl. oder 1 Thlr. 18 ggr. jeder einzeln 18 kr. oder 4 ggr.

— — Joh. Diaconus, Doctor der Philosophie, Beicht- und Communionbuch für evang. Christen. gr. 8. 18 kr. od. 4 ggr.

**Nagel's, Chr. Dr.**, Untersuchungen über die wichtigsten zum Dre ecke gehörigen Kreise. Eine Abhandlung aus dem Gebiete der rein Geometrie. gr. 4. Mit Figurentafeln. 1 fl. oder 15 ggr.

— — Ueber die Erweiterung der Real-Anstalt. Ein Versuch, d Forderungen der Zeit zu begründen. gr. 8. 12 kr. oder 3 ggr.

**Philosophie**, die, mit Obscuranten und Sophisten im Kampfe. 8 30 kr. oder $7\frac{1}{2}$ ggr.

**Schmidt, J. K.**, tabellarischer Entwurf der Prinzipien aller Wisse schaften in ihrem nothwendigen Zusammenhange unter sich und m dem obersten Prinzip des Wissens, sammt der Darstellung der gän lichen Grundlosigkeit des **Kant**'schen Kriticism. und des **Schelling** schen Idealism. gr. 8. 1 fl. 12 kr. oder 18 ggr.

**Schwarz**, Prof., Rede über das Thema: Schule und Staat. 4. ge 12 kr. oder 3 ggr.

**Tafel, Leonh. Dr.**, die deutschen Stadtschulen Württembergs. gr. geh. 6 kr. oder $1\frac{1}{2}$ ggr.

Bei dieser Veranlassung empfehlen wir nahen und entfernteren Liter turfreunden auf's Neue unser sehr reichhaltiges a l t e s Lager, welches ste auch mit den n e u e r n gangbaren Werken versehen ist, zu geneigten Aufträ gen, deren Ausführung möglichst billig und prompt geschieht.

**Ulm** im März 1841.

Ergebenst

**Wohler'sche Buchhandlung (Lindemann)**
in **Ulm.**

(Jede solide Buchhandlung führt Bestellungen auf vorstehend Schriften zu bemerkten Preisen aus.)

Fig. 1.
b
a
d
e
c
f
Fig. 2.
k
l
m
A
Fig. 5.
D
C
B
A
Fig. 6.
C
B
E
a
Fig. 11.
b
a
c
Fig. 12.
b
a
c
Fig. 13.
a
b
c
Fig. 14.
a
b
Fig. 18.
e
Fig. 22.
B
A
C
D
Fig. 19.
B
A
G
Fig. 20.
F
E

Fig
a
c
l
F

Tab. III.

Fig. 63.

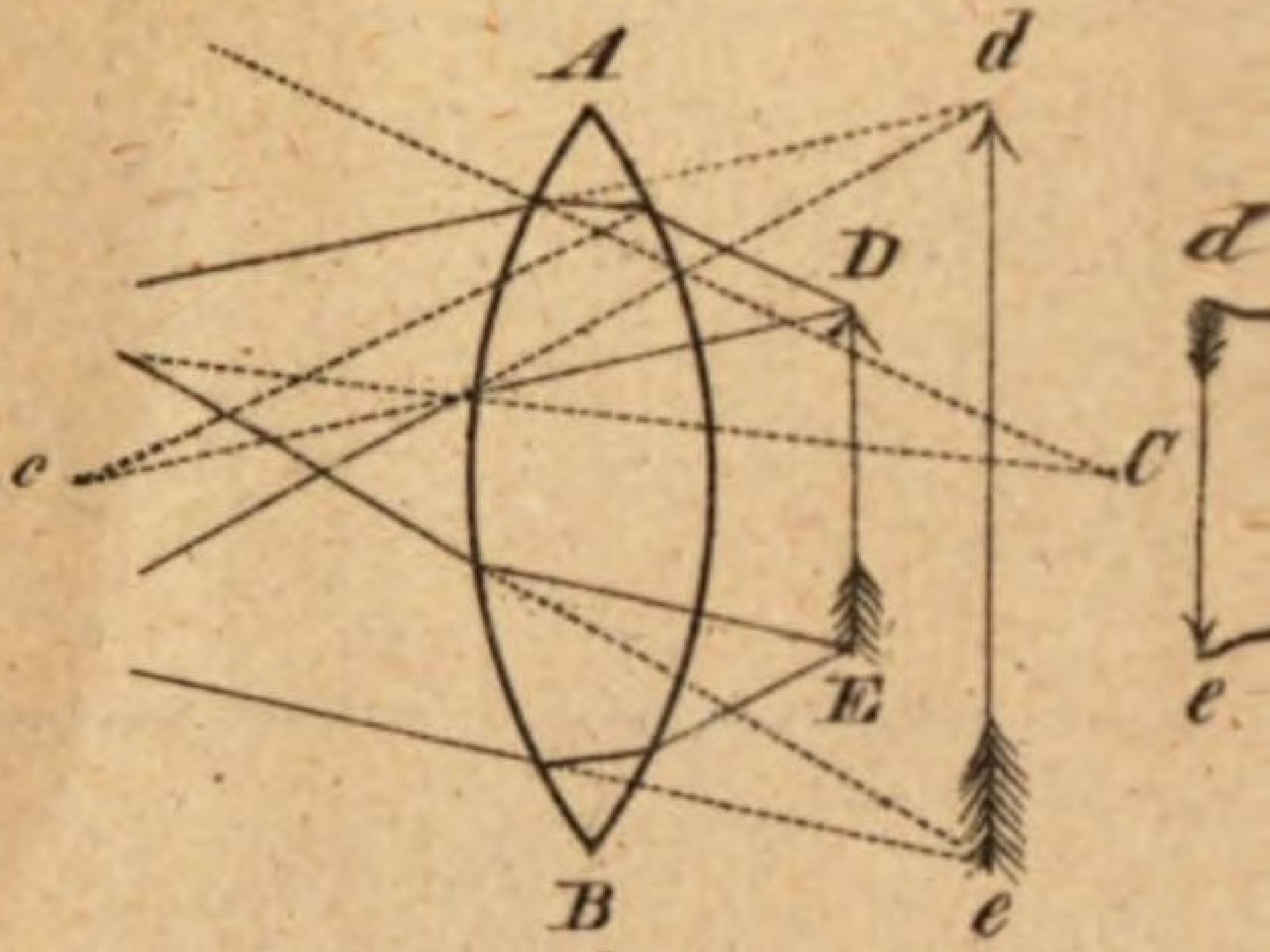


Fig. 65.

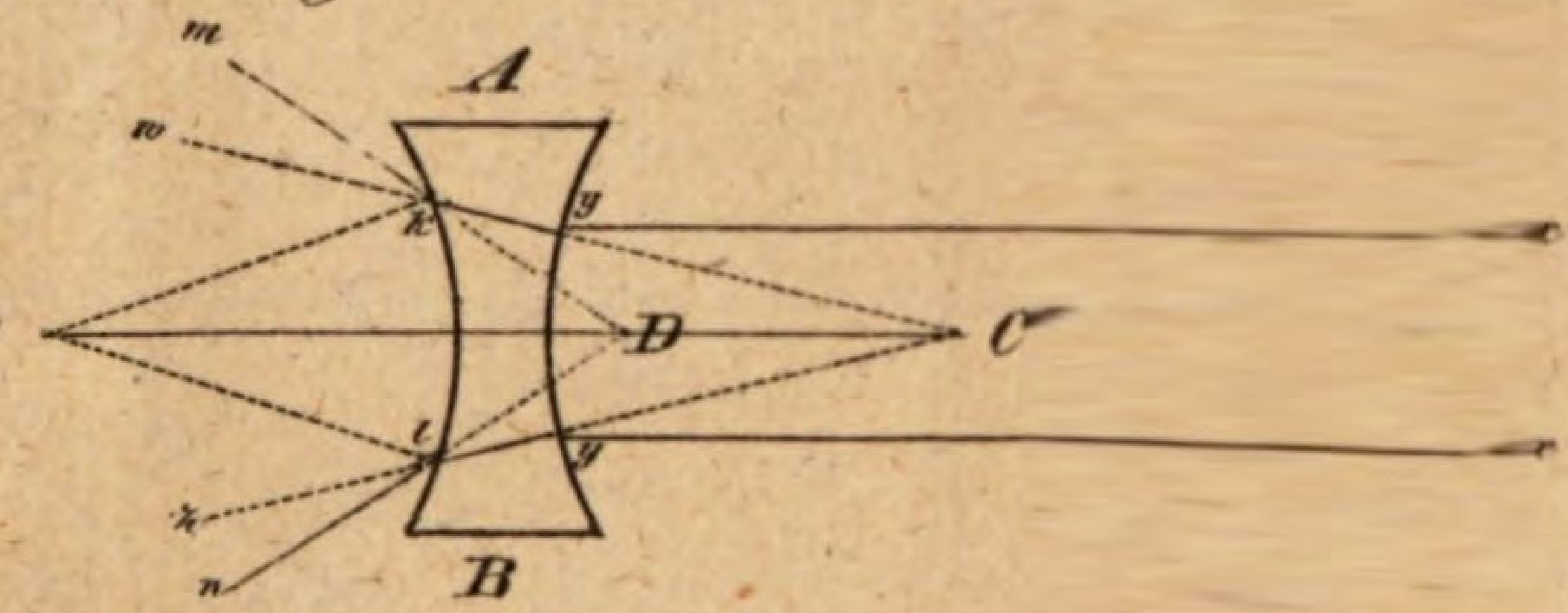



Fig. 69.

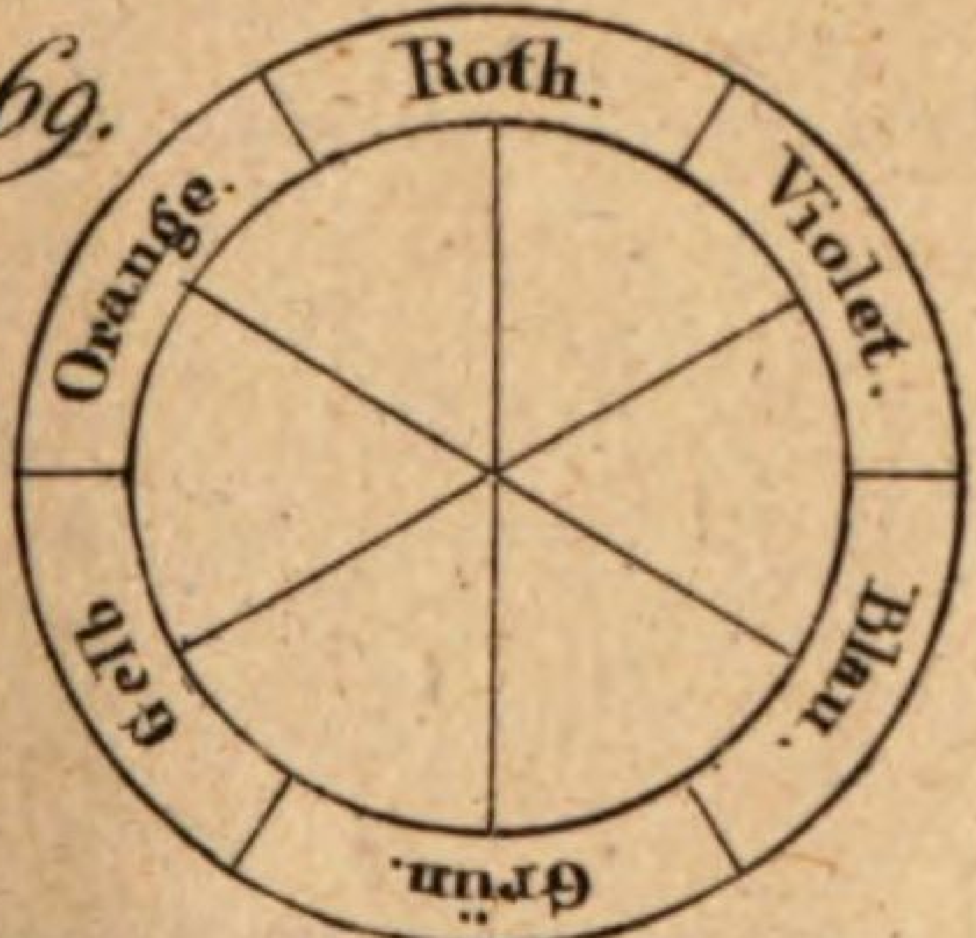
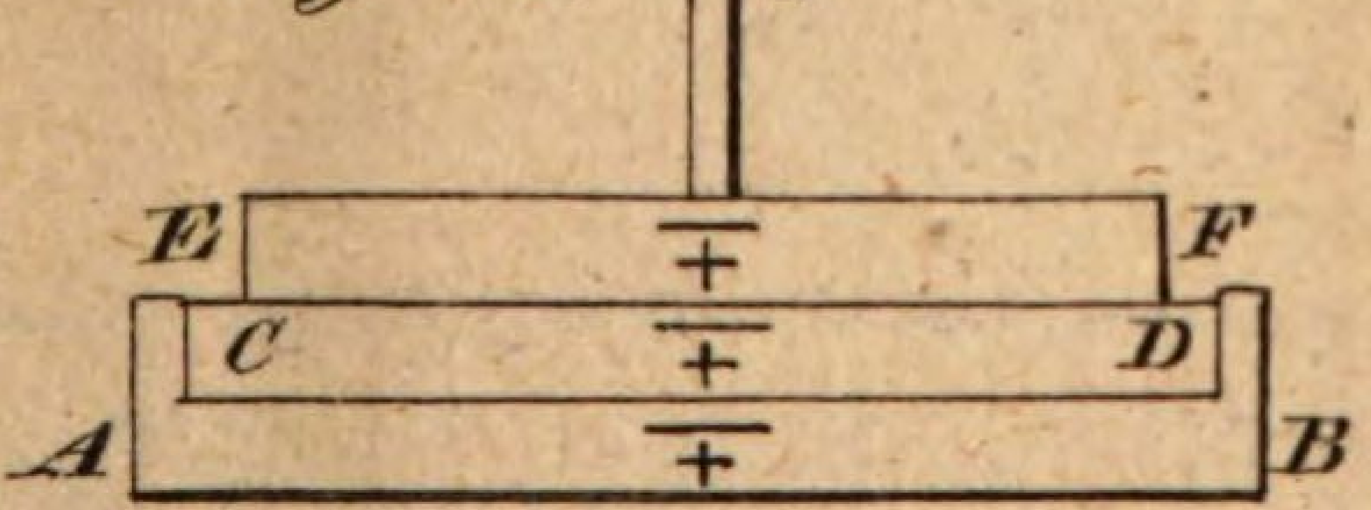


Fig. 73.

Fig. 72.



## In demselben Verlage sind erschienen:

**M. Tullius Cicero's Redner an M. Brutus,** übersetzt von M. Carl Victor von Hauff. gr. 8. 12 ggr. oder 48 kr.

**Dr. Haßler's, K. D.,** Paragraphen für den Unterricht in der Philosophie auf Gymnasien und ähnlichen Lehranstalten. 2 Theile. gr. 8. 1 Rthlr. 12 ggr. oder 3 fl. (1r Theil: Psychologie und Logik; 2r Theil: Naturrecht und Moral.)

— — Bemerkungen über den Unterricht in der französischen Sprache auf Realschulen und Gymnasien gr. 4. 3 ggr. oder 12 kr.

**Moser's, C. F. D.,** Bemerkungen zu **Chr. Mart. Wieland's** Uebersetzung und Erläuterung sämmtlicher Briefe **Cicero's**, theils reinphilologischen und literarischen, theils besonders juridischen Inhalts. Nach des Verfassers Tode herausgegeben von Dr. F. L. Marx. Dritte verbesserte Auflage. gr. 8. 8 ggr oder. 36 kr.

**Dr. Nagel's, Chr.,** Untersuchungen über die wichtigsten zum Dreiecke gehörigen Kreise. Eine Abhandlung aus dem Gebiete der reinen Geometrie. gr. 4. Mit Figurentafeln. 18 ggr. oder 1 fl. 30 kr.

— — Ueber die Erweiterung der Real-Anstalt. Ein Versuch, die Forderungen der Zeit zu begründen. gr. 8. 3 ggr. oder 12 kr.

— — Lehrbuch der ebenen Geometrie zum Gebrauche bei dem Unterrichte in Real- und Gymnasial-Anstalten, 2te verm. u. verb. Aufl. Mit 14 Figurentafeln. gr. 8. 20 ggr. oder 1 fl. 20 kr.

**Zusätze** zu der ersten Auflage von D. Nagels Lehrbuch der ebenen Geometrie. Mit 2 lithograph. Tafeln. gr. 8. 4 ggr. oder 18 kr.

**Sailer, Seb.,** die Erschaffung der Welt und der Sündenfall. Ein Schauspiel in drei Aufzügen in schwäbischer Mundart. 8. 4 ggr. oder 15 kr.

**Schmidt, J. K.,** tabellarischer Entwurf der Prinzipien aller Wissenschaften in ihrem nothwendigen Zusammenhange unter sich und mit dem obersten Prinzip des Wissens. gr. 8. 1 Rthlr. 12 ggr. oder 2 fl. 48 kr.

**Fénélon,** les aventures de Télémaque, fils d'Ulisse. Mit der deutschen Uebersetzung von J. Schultes. Mit Kupfern. gr. 8. 1 Rthlr. oder 1 fl. 30 kr. Ohne Kupfer 20 ggr. oder 1 fl. 12 kr.

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Scholl, Gottlob H.

Grundriß der Naturlehre zum Behufe des populären Vortrags dieser Wissenschaft ausgearbeitet

Ulm 1839

Phys.sp. 602 m
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10134732-1